

Uhrzeit- und Normalfrequenzempfänger für DCF77 mit Gangreserve

(Beschreibung des Prototypen und Nachbauhinweise, aktueller Stand)

Stand 04.07.2016 16:24

Vorwort

In diesem Artikel wird ein Empfänger für den Zeitsignal- und Normalfrequenzsender DCF77 mit Gangreserve bei Senderausfall beschrieben, der vom Verfasser 1973-1975 gebaut wurde und sich seit vielen Jahren bewährt hat. Dabei handelt es sich weniger um eine reine Bauanleitung als vielmehr um eine detaillierte Funktionsbeschreibung. Für einen möglichen Nachbau sind Grundkenntnisse der Schaltungstechnik nötig und entsprechende Messmittel empfehlenswert.

*Die Basis dieser Beschreibung ist eine Bauanleitung des Verfassers in der Funkschau 1976 (Hefte 22-26). Für die beim Abdruck entstandenen formalen Fehler stehen bebilderte Korrekturblätter zur Verfügung (Stand 12/1980). In dieser Beschreibung sind die Korrekturen eingearbeitet. Ebenso aufgenommen wurden weitere Hinweise zur Inbetriebnahme, sowie ggf. neue Erkenntnisse, Verbesserungen oder Erweiterungen. Wesentliche Änderungen gegenüber dem Funkschau-Artikel sind **markiert**. In diesem Umfang wird auch der Zustand des Prototyps beim Verfasser dokumentiert.*

Die Bilder, auf die hier Bezug genommen wird, sind in diesem Dokument nicht enthalten. Die Schaltbilder der Platinen wurden neu gezeichnet und stehen als separate Bild-Dateien zur Verfügung. Ansonsten gelten die Abbildungen des Funkschau-Artikels (siehe Aufstellung am Ende), etwa Layout und Bestückungspläne. Die Bild-Nummern des Funkschau-Artikels wurden beibehalten, und bei neuen/zusätzlichen Bildern wurde die Numerierung fortgeführt.

Einleitung

Der Sender DCF77 ermöglicht neben der Herstellung lokaler Eichfrequenzen auch eine störsichere und genaue Zeit- und Datumsanzeige. In vielen Veröffentlichungen ist darauf im Einzelnen hingewiesen worden, z.B. [1], [3], [4], [14]. Schaltungsvorschläge zum Empfang und zur Demodulation der Zeitzeichen wurden in [2], [4], [5], [6], [7], [16] gegeben. (Stand 1975)

1 Das Konzept

Bild 1 zeigt das Blockschaltbild der Aufbereitung für das gebaute Gerät: Über eine Ferritantenne mit anschließendem Antennenverstärker (7408) gelangt das modulierte DCF-Signal über ein schmalbandiges Bandpassfilter mit anschließender Verstärkung (7409) einerseits zum Demodulator (7401/7601), der die Sekunden- und Minutenmarken abtrennt. Außerdem stellt eine Senderausfallerkennung an fehlenden Sekundenimpulsen einen Senderausfall fest; zusätzlich gelangt das HF-Signal über einen Begrenzer auf eine PLL-Schaltung (7402), die einen 1 MHz-Quarzoszillator (VCXO; 7306) an die Trägerfrequenz von DCF77 anbindet. Damit wird der Oszillator praktisch genauso (langzeit-)stabil gehalten, wie die Trägerfrequenz von DCF77 selber [1], [5].

Die 1 MHz-Quarzfrequenz wird nach der Methode des quasi-periodischen aperiodischen Teilers [9] auf 77,5 kHz und außerdem zur weiteren Verarbeitung auf 100 kHz und 1 Hz heruntergeteilt. Aus der Teilerkette können diverse Teilfrequenzen für Eichzwecke abgenommen werden.

In einem zweiten Regelkreis (7403) werden Sekundenimpulse, die durch Teilung der 100 kHz: entstehen (Punkt 7/7403), in einer Impuls-Shift-Automatik mit den DCF-Sekunden (Punkt 5/7403) verglichen und im langfristigen Mittel phasenstarr daran angebunden. Eine Verzögerung t_1 sorgt dafür, dass durch entsprechende zeitliche Voreilung der synthetischen Sekundenimpulse die Laufzeiten zwischen Sende- und Empfangsort einerseits und im Empfänger andererseits kompensiert werden.

Die Impulsshift arbeitet so, dass sie je nach Erforderlichkeit dem 100 kHz/1 Hz-Teiler je Sekunde entweder einen zusätzlichen Zählimpuls liefert oder einen Zählimpuls sperrt. Im Mittel stellt sich die Phasenlage zwischen den DCF-Sekunden und den synthetischen Sekunden um t_1 verschoben auf $\pm 10 \mu\text{s}$ genau ein.

Die synthetisch erzeugten Sekunden an Punkt 3/7405 dienen zur digitalen Steuerung der Zeitdekodierung auf 7405, indem sie den Zustand der DCF-Sekunden an Punkt 5/7405 auf log. 0 bzw. 1 abfragen (abtasten um t_2 verzögert) und über den Eingang E in das Schieberegister auf 7405 einlesen, was eine sehr störsichere Verarbeitung ergibt. Denn dadurch sind hochfrequente Störimpulse, die in den Empfänger gelangen und zu Fehlzählungen führen könnten, praktisch unwirksam; zusätzlich bleibt durch die Shift-Automatik die Phasenbeziehung zwischen den DCF- und synthetischen Sekunden auch bei Störungen langfristig erhalten, so dass es nicht zu einer Drift der Sekundenphasen kommt.

DCF77 arbeitet prinzipiell im Dauerbetrieb. **Bis Ende Juni 1977** wurde er noch jeden 2. Dienstag im Monat zwischen 5 und 9 Uhr für Wartungsarbeiten abgeschaltet. Aber mit gelegentlichen kurzzeitigen Senderausfällen ist weiterhin zu rechnen. Bei Senderausfall sorgt ein Inhibit-Flip-Flop (RS-FF auf 7405) für die Abschaltung der Regelkreise. Außerdem setzt der erste Minutenimpuls, nachdem der Sender wieder arbeitet, die Teilerkette 100 kHz/1 Hz in eine definierte Stellung, womit etwaige Fehlzählungen, die während des Ausfalls aufgetreten sein könnten, korrigiert werden. Nach einem Netzausfall oder nach Inbetriebnahme des Gerätes sorgt das gleiche Flip-Flop ebenfalls für ein Rücksetzen der Teilerkette.

Die Dekodierung und Speicherung der Zeitinformation unterscheidet sich wesentlich von der in [7] beschriebenen Schaltung, weil besonders großer Wert auf Störsicherheit gelegt wurde.

Die angezeigte Uhrzeit eines Gerätes nach diesem Konzept kann auf zwei verschiedene Arten entstehen (Modul 7405): Im Normalfall wird die kodierte Zeitinformation des Senders dekodiert, auf Übertragungsfehler überprüft und - sofern die Überprüfung positiv war - gespeichert und zur Anzeige gebracht. Für den Fall, dass die Überprüfung einen Übertragungsfehler festgestellt hat oder der Sender ausgefallen ist, läuft die Uhr als normale quartzgesteuerte, "selbstzählende" Digitaluhr weiter. Das sieht im Einzelnen folgendermaßen aus:

Die synthetischen Sekundenimpulse werden in jedem Fall in den Sekundenzähler und der 60. Impuls als Übertrag in den Stunden-Minuten-Zähler/Speicher eingezählt. Gleichzeitig fragt der um t_2 (150 ms) verzögerte synthetische Sekundenimpuls während der 20. und der 35. Sekunde (= Torzeit der Taktsteuerung) den Sekunden-Demodulator (7401/7601) nach binären Einsen oder Nullen ab und liest über den Eingang E die Information in das Schieberegister ein. Kurz vor dem Einschreiben wird der alte Registerinhalt gelöscht.

Mit Hilfe der bei der Übertragung mitgesendeten Prüfbits wird eine Paritätskontrolle durchgeführt: Die Anzahl der Einsen bei den Stunden einerseits und den Minuten andererseits muss geradzahlig sein. Das bedeutet, dass jeweils bei den Stunden und den Minuten 1 Bit bei der Übertragung verfälscht sein darf. In dem Fall erkennt die Paritätskontrolle den Fehler und verhindert durch das Übernahmegatter Ü eine Übernahme aus dem Schieberegister in den Stunden-Minuten-Zähler/Speicher und lässt diesen stattdessen bis zur nächsten Überprüfung als freien Zähler weiterlaufen. War die Paritätskontrolle positiv, übernimmt der Minutenimpuls des Senders über Ü die Information in den Speicher. Der Stunden-Minuten-Zähler/Speicher wird damit definiert gesetzt. Dabei ist es unerheblich, welchen Zählerstand der Sekundenzähler hat; er wird in jedem Fall mit jedem Minutenimpuls zurückgesetzt. Wenn eine Übernahme aus dem Schieberegister erfolgt, wird gleichzeitig ggf. auch das Inhibit-Flip-Flop zurückgesetzt. Mit S1 kann die Uhr auf internen Betrieb umgeschaltet werden, es erfolgt dann keine Senderübernahme mehr.

2 Realisierung

Alle Baugruppen (außer dem Antennenverstärker) wurden auf Steckplatinen mit 21-poligen Stiftleisten (DIN 41617) aufgebaut. Bei den Folienvorlagen für die einseitig kaschierten Platinen ist jeweils die Leiterbahnseite (Anti-Bestückungsseite, ABS) in der Ansicht von der Leiterbahnseite her dargestellt. Bei den zweiseitig kaschierten Platinen ist zusätzlich die Bestückungsseite (BS) in der Ansicht von der BS her dargestellt. Für die Baugruppe 7405 wurde ein Format 160 mm x 75 mm, für 7406 160 mm x 45 mm und für alle anderen 8 Platinen eine Größe von 75 mm x 100 mm gewählt. Die in Bild 1 angegebene Bezifferung an den Baugruppen-Ein- und Ausgängen ist identisch mit den wirklichen Stift-Belegungen der einzelnen Platinen. In den folgenden Schaltplänen sind die wichtigsten Impulsformen und Schaltflanken markiert und einige typische Spannungswerte angegeben.

2.1 Antennenverstärker 7408

Der Antennenverstärker hat die Aufgabe, das Empfangssignal direkt an der Antenne (Ferritstab) zu verstärken und dem eigentlichen Empfänger über Koax-Kabel zuzuleiten. Da das Signal geradeaus verstärkt wird, muss zur Vermeidung von Rückwirkungen (Schwinggefahr) der Ferritstab bzw. der Antennenverstärker räumlich getrennt vom übrigen Empfänger aufgestellt werden. Die geringste zulässige Entfernung hängt u.a. von der Abschirmung des Empfängers ab und muss experimentell ermittelt werden (ca. 1 m). Bei guter Abschirmung und unter Ausnutzung der Richtwirkung der Antenne kann man den Abstand möglicherweise auf bis zu 20 cm verringern.

Bild 2 zeigt die Schaltung des Antennenverstärkers, die auch schon in [7] veröffentlicht wurde (mit MFC4010A). Der MFC4010A (bzw. MC3310P) ist ein 3-stufiger Breitbandverstärker. Die Ankopplung an die Ferritantenne erfolgt über einen kapazitiven Spannungsteiler; die Auskopplung geschieht über einen Emitterfolger mit T1. Die Betriebsspannung wird aus dem Empfänger über das Koax-Kabel eingespeist. Die Bandbreite der Schaltung beträgt etwa 2 kHz.

Bild 3c zeigt die Platine des Verstärkers 7408-2. Die integrierte Schaltung MFC4010A verwendet ein Spezialgehäuse, der **MC3310P** ein DIL8-Gehäuse. Beide Versionen sind hier einsetzbar. Bild 4c zeigt den Bestückungsplan hierzu. Die Platine ist 29 x 45 mm groß und zweiseitig kaschiert. Auf der Oberseite (BS) ist die Kaschierung vollflächig, die Lötäugen sind freizubohren, soweit es nicht Massekontaktierungen sind (erkennbar an den Thermal-Pads im Bestückungsplan), die auf der Oberseite gelötet werden müssen.

Anmerkung: Die ursprüngliche in der Funkschau veröffentlichte Version verwendete nur den MFC4010A. Leider wird auch der Nachfolger MC3310P inzwischen nicht mehr gefertigt (Restbestände über eBay). Alternativ ist der nachfolgend beschriebene Antennenverstärker 7308 verwendbar.

2.2 Antennenverstärker 7308

Bild 2b zeigt eine alternative Schaltung eines Antennenverstärkers, die ohne integrierte Schaltung auskommt. Sie wurde ebenfalls bereits in [7] beschrieben. Dieser Verstärker ist mit 7408 kompatibel, wenn am Eingang des Filterverstärkers 7409 (Punkt 10) ein Widerstand von 100 Ω (R21) eingefügt und der Widerstand R20 bei 7409 entfernt wird.

Bild 3b zeigt die Platine 7308-1, die 65 x 52 mm groß und beidseitig kaschiert ist, Bild 4b den Bestückungsplan. Auf der Oberseite (BS) ist die Kaschierung vollflächig, die Lötäugen sind freizubohren, soweit es nicht Massekontaktierungen sind (erkennbar an den Thermal-Pads im Bestückungsplan), die auf der Oberseite gelötet werden müssen.

2.3 Bandfilterverstärker 7409

Der Filterverstärker soll die eigentliche Empfängerselektion und -verstärkung bringen. Seine Bandbreite sollte unter 1 kHz betragen. Für die Realisierung gibt es verschiedene Möglichkeiten, die der Verfasser erprobte.

Zunächst wurde versucht, ein aktives RC-Filter nach der Phasendifferenzmethode [10] aufzubauen, das den Vorteil hätte, einfach und preiswert zu sein (7307b, hier nicht dargestellt). Leider stellte sich jedoch heraus, dass die thermische Stabilität bezüglich Bandbreite bzw. Verstärkung unzureichend war und die Schaltung leicht zu Schwingneigungen führte.

Gute Ergebnisse bringen LC-Filter, z.B. wie in [5] oder [11] beschrieben. Jedoch sind dafür einige Schalenkerne und HF-Litze erforderlich. Die Schalenkerne sind nicht ganz billig und HF-Litze lässt sich schlecht verarbeiten. Ein nach [11] beschriebenes mehrkreisiges Bandfilter läuft bei dem Funkamateurl DJ1WM sehr zufriedenstellend.

Für dieses Empfangskonzept nun wird ein Quarzfilter (Bild 5) vorgeschlagen, dessen Prinzip und Funktion in [7] und [12] beschrieben wurde und das sich durch einfachen Nachbau und geringe Bandbreite (ca. 30 Hz) auszeichnet; letzteres ist im Hinblick auf die Gangreserve bei Senderausfall wegen geringerer Störanfälligkeit wichtig. Diese Schaltung unterscheidet sich im Wesentlichen von der in [7] angegebenen durch die fehlende automatische Verstärkungsregelung, die für dieses Konzept nicht brauchbar ist, weil im Senderausfall sonst die Verstärkung hochläuft und sehr viel Störungen mitverstärkt werden.

Die Transistoren T3, T2, T1 verstärken das schmalbandige HF-Signal. Die Verstärkung lässt sich mit P1 so einstellen, dass an Punkt 21 etwa 1 Veff anstehen. C7 und P2 werden so eingestellt, dass das Ausgangssignal am störungsfreisten ist (sauberste Kurvenform, Störungsminimum). Dabei reagiert C7 besonders empfindlich. Der Übertrager Ü1 ist unkritisch. Es eignet sich z.B. ein Schalenkern 18x14 AL630 (mit Luftspalt), primär 5 Wdg., sekundär 40 Wdg. 0,3 CuL. Die Resonanzfrequenz von L2/C8 muss bei 77,5 kHz liegen und kann ggf. mit C8 korrigiert werden. An Punkt 10 wird das Koax-Kabel zum Antennenverstärker angeschlossen, dessen Betriebsspannung über R19 eingekoppelt wird. Bild 6 zeigt die Platine, Bild 7 den Bestückungsplan hierzu. Das Filter sollte in ein abgeschirmtes Gehäuse (z.B. Teko 3/A) eingebaut werden.

2.4 Sekunden-Minuten-Demodulator 7401

In der 1976 in der Funkschau veröffentlichten Gerätebeschreibung wird zur Dekodierung der Sekundenimpulse eine analoge Schaltungstechnik und zur Erkennung der Minutenmarkierung werden Monoflops mit Gatterlogik verwendet, die Platine 7401. Später wurde eine verbesserte Version mit rein digitaler Minutenerkennung (Zählerkette) entwickelt, Platine 7601, die in einem eigenen Dokument beschrieben wird.

Bild 8 zeigt die Schaltung der analogen Platine 7401, wie sie im Wesentlichen schon in [2] und [4] beschrieben wurde. Mit D1, D2 wird das Empfangssignal von Punkt 17 gleichgerichtet und im Operationsverstärker IS1 verstärkt. Die Diode D4 linearisiert die Gleichrichtung und kompensiert die Schwellenspannungen von T2, T3. Damit funktioniert die Schaltung in einem weiten Eingangsspannungsbereich zufriedenstellend. Gegebenenfalls kann noch eine weitere Diode D3 mit D4 in Reihe geschaltet werden. R18 erzeugt an R3 einen Spannungsabfall (= Vorspannung für IS1), der bei fehlendem HF-Signal eine gewisse Unterdrückung von Störungen bewirkt.

P2 wird so justiert, dass sich C10 auf ca. 75 % der maximalen Spannung an C9 auflädt. Der Komparator IS2 schaltet daher jedes Mal dann, wenn der Träger sich um 25 % seiner Maximalamplitude absenkt und demoduliert damit die Sekundenmarken. C9 verbessert die Störsicherheit, sollte aber möglichst klein sein (< 0,1 µ). Die Dauer der auf diese Weise gewonnenen Sekundenimpulse ist 100 ms bzw. 200 ms entsprechend der Binärkodierung des DCF-Signals [1]. Die Sekunden stehen an Punkt 9 zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

Sie gelangen weiterhin zu der Monoflop-Kette IS5, IS4, IS3. IS5 gibt einheitliche Sekundenimpulse mit 150 ms Dauer ab, womit das nachtriggerbare Monoflop IS4 getriggert wird und infolge seiner großen Zeitkonstanten (1,5 s) dauernd angeregt bleibt. Die 59. Sekunde jeder Minute wird zur Ankündigung der Minute nicht übertragen. Daher fällt IS4 nach 59,5 s ab und triggert dabei IS3. Der darauffolgende Sekundenimpuls (= Minutenimpuls) wird über das von Ausgang Q/IS3 vorbereitete Gatter II/IS6 als Minutenimpuls an Punkt 2 abgegeben.

Das Gatter IV/IS6 stellt fest, wann die beiden Monoflops IS3, IS4 zusammen abgefallen sind: In dem Fall fehlen offenbar die nachtriggernden Sekundenmarken des Senders und ein Sender-

ausfall muss vorliegen. Damit wird also auf einfache Weise eine Senderausfallerkennung vorgenommen.

Die Wahl der Zeitkonstanten $R9 \cdot C12$, $R8 \cdot C7$ ist nicht ganz unproblematisch: Im Senderausfall können Störimpulse in den Empfänger gelangen, die u.U. eine Minute simulieren: Jeder Störimpuls triggert IS4; nach 1,5 s fällt es z.B. wieder ab und triggert IS3. Fällt in den Zeitraum zwischen 1,5 und 2,5 s nach dem Auftreten des letzten Störimpulses ein weiterer, wird dieser fälschlicherweise als Minute erkannt und führt zu einer Fehlschaltung in den nachfolgenden Stufen. Bei einem schmalbandigen Filter sind solche Störungen während eines Senderausfalls jedoch recht selten. Darauf wird noch in Abschnitt 4 weiter eingegangen. Bild 9 zeigt die Platine, Bild 10 den Bestückungsplan des Dekoders.

2.5 Sekunden-Minuten-Demodulator (digitales Minutenfilter) 7601

Als verbesserter Nachfolger für die Platine 7401 wurde 1976 die Platine 7601 entwickelt, bei der die Minutenerkennung mit einer Zählerkette (statt mit Monoflops) erfolgt, was eine verbesserte Störsicherheit gegen falsche Minutenerkennung bringt. Sie ist mit der alten Version kompatibel, wenn eine zusätzliche 1 kHz Taktleitung an Punkt 15 verdrahtet wird (verbunden mit Punkt 15 von 7403). Für diese Ausführung wurde eine separate Beschreibung verfasst.

2.6 Frequenzdiskriminator, Regelverstärker 7402

Das bandbegrenzte und verstärkte Sendesignal gelangt vom Filterausgang über T1, T2 (Bild 11) auch auf einen Begrenzer IS1. Es wird so stark begrenzt, dass überlagerte Störungen und die Amplitudenmodulation unterdrückt werden. Mit P1 wird der Flankenjitter des Rechtecksignals an Anschluss 9/IS1 minimal eingestellt. Damit steht am Takteingang 1 von IS4 eine Rechteckspannung mit der Frequenz des Trägers von DCF77.

IS4 bildet mit IS2, D4, D3 einen Frequenz- und Phasendiskriminator. Er vergleicht die Trägerfrequenz von DCF77 (Anschluss 1) mit der synthetisch erzeugten Frequenz (Anschluss 5, Punkt 11) von 7306. Ist die Sendefrequenz größer als die synthetischen 77,5 kHz, bzw. eilt die Phase des Sendesignals gegenüber der Phase der synthetischen 77,5 kHz vor, ist D3 gesperrt und D4 ist abwechselnd leitend und gesperrt. Der Regelverstärker mit IS3 macht daraus im Mittel eine Regelspannung, die an Punkt 4 negatives Vorzeichen hat (im Normalfall ist die Regelspannung durch P1/7306 auf 0 eingestellt). Über Punkt 12 (7306) wird der Quarzoszillator dadurch zu höheren Frequenzen hin verstimmt, bis Phasen- und Frequenzgleichheit herrscht. Sind die Frequenz- und Phasenbeziehungen umgekehrt, ergibt sich entsprechend eine positive Regelspannung.

Allgemein gilt für diesen Phasen-/Frequenz-Diskriminator:

Ist $f_1 > f_2$, dann ist Q_2 = statisch high, Q1 wechselt.

Ist $f_2 > f_1$, dann ist Q1 = statisch low, Q_2 wechselt.

Diese Funktion ist im Datenblatt des MC4044 detailliert erläutert.

Im Gegensatz zu üblichen Phasendiskriminatoren lässt sich hier eine beliebige Regelzeitkonstante ohne Rücksicht auf den Fang- und Haltebereich der Regelschleife einstellen. Die Regelzeit hängt u.a. von R20, R17, C7 und R11, C8 ab und lässt sich z.B. durch Vergrößern von C7 und C8 erhöhen. Der Fangbereich ist so groß wie der Haltebereich und wird nur durch den Maximalhub der Regelspannung und den Eigenschaften des Quarzoszillators bestimmt. Er liegt z.B. bei ± 20 Hz (bezogen auf 1 MHz und $\Delta U_R = \pm 6$ V) und ist damit völlig ausreichend. Mit P2 lässt sich die Phasenlage beider Frequenzen abgleichen (auf Gleichheit zwischen Punkt 20 und 11). Da die Regelspannung im Bereich zwischen ± 12 V liegen kann, müssen C7 und C8 bipolar sein.

Die Transistoren T4, T3 werden vom Inhibit-Signal (aus 7405) an Punkt 2 gesteuert und sorgen beim Senderausfall zwangsweise dafür, dass die Regelspannung etwa 0 V beträgt. Hält man im Normalfall durch entsprechende gelegentliche Justierung des Quarzoszillators (mit P1 auf 7306) die Regelspannung ebenfalls nahe 0 V (bzw. 0,7 V wegen D5), ändert sich die Oszillatorfrequenz beim Senderausfall zunächst nicht. Je nach dessen Dauer driftet die Frequenz dann nur noch

mehr oder weniger stark vom genauen Wert weg. Ohne Zwangsschaltung würde der Regler an einen Anschlag laufen und die Quarzfrequenz z.B. um 20 Hz verschieben.

An Punkt 3 wird ein Lämpchen (12 V, 80 mA.) zur Beleuchtung des Instruments für die Anzeige der Regelspannung (Fang) angeschlossen. Es verlöscht, wenn die Regelschleife vom Inhibit-Signal an Punkt 2 abgeschaltet wird. Bild 12 zeigt die Platine, Bild 13 den Bestückungsplan von Diskriminator und Regelverstärker.

2.7 Quarzoszillator, 1 MHz/77,5 kHz-Teiler 7306

Der Quarzoszillator schwingt in einer Pierce-Schaltung (Bild 14) auf 1 MHz. Das Verhältnis C3/C4 bestimmt den Grad der Rückkopplung und muss ggf. experimentell ermittelt werden. Die Schwingfrequenz lässt sich mit der Wahl der Kapazitäten von C3, C4 und der Kapazitätsdiode D1 beeinflussen (wirksame Kapazität ist die Reihenschaltung aller drei). Über Punkt 7 gibt man der Diode eine Vorspannung, so dass die an Punkt 12 geschaltete Regelspannung von Platine 7402 bei gerastetem Oszillator etwa 0 V beträgt. Bei günstiger Wahl der Kapazitäten C4, C3 und eventuellem Hinzufügen einer Kapazität C2 (einige pF) lässt sich beim Durchfahren der Regelspannung z.B. zwischen ± 6 V eine Frequenzänderung des Oszillators von etwa ± 20 Hz erreichen.

T2 dient als Anpassungsstufe zwischen Oszillator und Inverter VI/IS3. Falls das Gatter nicht richtig durchschaltet, muss der Spannungsteiler R8/R4 korrigiert werden. Die nachfolgenden TTL-Bausteine teilen auf digitale Weise die Quarzfrequenz auf 77,5 kHz herunter. Die Schaltung wurde in [8] (Seite 16) und [15] (Seite 74) von der PTB veröffentlicht. Die Funktion dieser quasiperiodischen aperiodischen Frequenzsynthese ist in [8] detailliert beschrieben. Nähere Einzelheiten über die Berechnung solcher Teilerschaltungen sind in [9] nachzulesen.

Prinzipbedingt besitzen die synthetischen 77,5 kHz einen Phasenjitter von 1 μ s, dem schwache Seitenbänder im 5 kHz-Abstand entsprechen. Durch die integrierende Wirkung der Frequenzregelschleife 7402 ist das jedoch bedeutungslos. Bild 15 zeigt die Platine, Bild 16 die Bestückung von Oszillator/Teiler.

2.8 Impulsshift 7403

Die Impulsshift wurde von DJ1WM entworfen (Bild 17). IS5 bis IS1 teilen 100 kHz auf 1 Hz herunter. Aus der Teilerkette können verschiedene Teilfrequenzen für andere Zwecke (Eichfrequenzen) abgenommen werden (Punkte 12, 13, 15, 16 und 17). Die übrigen TTL-Bausteine bilden die eigentliche Impulsshift. IS8 vergleicht die in IS7 um t_1 verzögerten synthetischen Sekundenimpulse (an Anschluss 3/11) mit den Sendesekunden (an Anschluss 12) und sorgt mit den entsprechenden Vergatterungen dafür, dass entweder jede Sekunde an (M) ein 10 μ s-Impuls unterdrückt wird oder in einer 10 μ s-Periode je Sekunde 2 Impulse durchgegeben werden, so dass die Teilerkette entweder 10 μ s nach oder vor geht. Dabei wird die Tatsache ausgenutzt, dass am Ausgang des 7490 (IS2 auf 7306, Punkt 16) der "High"-Zustand genau 2 Eingangstaktimpulse lang ist. Die Funktion lässt sich im Einzelnen am Impulsdigramm klarmachen (Bild 18 und 19).

Hinweis: Das Tastverhältnis der 100 kHz am Punkt 10 ist wie in den Pulsdiagrammen zu erkennen unsymmetrisch (Zeile |B|). Damit die Shift wie gewünscht funktioniert, muss das eingehalten werden (wenn man z.B. eine andere Teilerkette benutzen will, als die von 7306 mit IS2 verwendete). Ein SN7490 muss also 1 MHz zuerst durch 2 und dann durch 5 teilen, nicht umgekehrt, um die 100 kHz mit dem gezeigten Tastverhältnis zu erzeugen.

IS6 hat lediglich die Aufgabe, die hinter IS7 entstehenden Sekundenimpulse mit der 100 kHz-Signalfrequenz (B) zu synchronisieren. Die Verzögerungszeit t_1 lässt sich damit quasi-digital in 10 μ s-Schritten mit P1 einstellen. t_1 soll die Laufzeit auf der Übertragungsstrecke (z.B. zwischen Mainflingen-Braunschweig etwa 1 ms) und im Empfänger (mit Quarzfilter nach [7] etwa 10 ms) kompensieren. Sofern es notwendig ist, kann sie messtechnisch bestimmt werden.

An Punkt 7 und 18 stehen um t_1 gegenüber den Sendesekunden voreilende synthetische Sekunden zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung. Da nur schrittweise je Sekunde ± 10 μ s-

Änderungen vorgenommen werden, unterscheidet sich jede synthetische Sekunde von der vorhergehenden nicht oder nur um genau 20 μ s, während die empfangenen Sekunden von DCF77 durch verschiedene Einflüsse um bis zu einige 100 μ s voneinander abweichen können. Die Shift bewirkt, dass beide Sekundenarten langfristig übereinstimmen, aber kurzfristig nur geringe Schwankungen der Sekundenphasen vorkommen können (integrierende Wirkung).

An Punkt 12 und 13 können nach freier Wahl durch Brücken auf der Platine diverse Teilfrequenzen herausgeführt werden. An Punkt 9 ist mit "Low" ein Abschalten der Shift möglich, z.B. beim Senderausfall automatisch oder für Messzwecke manuell. An Punkt 3 und 4 wird angezeigt, ob gerade ein Impuls zusätzlich eingegeben oder einer gesperrt wurde. Bild 20 zeigt die Platine, Bild 21 den Bestückungsplan der Shiftautomatik.

2.9 Register/Auslesung 7405, Anzeigeplatine 7406

Bild 22a/b zeigt die Schaltung der Baugruppe 7405 (Register/Auslesung). Für die Stunden-Minuten-Zähler/Speicher IS7...IS10 wurden Vor-Rück-Zähler vom Typ SN74192 bzw. SN74193 verwendet, die wahlweise als Speicher (über die Parallel-Setzeingänge) oder als normale (Vorwärts-)Zähler arbeiten. Die zur Stunden- und Minutenzählung erforderlichen Vergatterungen wurden wegen der besseren Leitungsführung auf der Platine mit Dioden-UND-Gattern und einem Transistor als Inverter vorgenommen (D1...D8, T1). C2 und C3 dienen zur Unterdrückung von im Zähler IS9 laufzeitbedingten Störungen.

Die Funktion der Schaltung geht weitgehend schon aus Bild 1 hervor. Die Paritätskontrolle wird mit den Paritätsbausteinen SN74180 (IS13, IS14) vorgenommen. Durch entsprechende Verschaltung der Bedingungs-Ein- und Ausgänge (EVEN/ODD) wird erreicht, dass zum einen beide Paritäten erfüllt sein müssen (für Stunden IS13, für Minuten IS14) und zum anderen an letzter Stelle des Registers (\cong 20. Sekundenimpuls jeder Minute) eine logische 1 entsprechend der Senderkodierung [1] stehen muss, ehe eine Freigabe des Übernahmegatters Ü erfolgen kann.

Als Schieberegister IS18, IS19 werden zwei SN74164 (8 Bit seriell ein/parallel aus) verwendet. Beim 20. synthetischen Sekundenimpuls erfolgt über die Eingang CLR der Register eine Löschung des alten Inhalts. Das ist zwar prinzipiell nicht notwendig, ergibt aber eine gewisse Störsicherheit; denn dann kann ein falsch erkannter Minutenimpuls bei zufällig richtiger Parität bis zum 35. Sekundenimpuls keine Übernahme veranlassen und zu einer falschen Stunden- und Minutenanzeige führen. Es wird lediglich der Sekundenzähler IS11, IS12 fälschlicherweise zurückgesetzt. Erfolgt die Rücksetzung bis zur 40. Sekunde, entsteht dabei auch kein Übertrag.

IS21 hat die Aufgabe, jedes Mal etwa 150 ms nach einem Sekundenimpuls an Punkt 3 den Sekunden-Demodulator (Platine 7401), dessen Ausgangssignal über Punkt 5 an Eingang A/B des Schieberegisters IS18 geht, abzufragen, ob in dem Augenblick ein Zustand high (logisch 1) oder low (logisch 0) anliegt und den Wert über A/B einzuschreiben. Die Zeitkonstante $R12 \cdot C12$ muss experimentell auf 150...170 ms eingestellt werden.

C11 dient zum definierten Setzen des Inhibit-FF (III, IV/IS20) nach dem Einschalten bzw. einem Netzausfall. Über Punkt 1 erfolgt die automatische Setzung beim Senderausfall. Mit einem Taster, der Punkt 2 an Masse legt, kann das FF manuell betätigt werden. Punkt 7 steuert die Abschaltung der Regelkreise, an Punkt 9 entsteht ein Rücksetzimpuls für die 100 kHz/1 Hz-Teilerkette auf Platine 7403, dessen Dauer von C9, R10 bestimmt wird. An Punkt 11 wird angezeigt, ob die letzte Uhrzeit vom Sender übernommen wurde (= low) oder durch interne Weiterzählung entstanden ist (= high). Die Dekoder IS1...IS6 sind für 7-Segment-Anzeigen des Typs DL747 vorgesehen. Werden höhere Treiberströme als 20 mA benötigt, sollten die 7447 durch 7447A (bis 40 mA) ersetzt werden. Bild 23 zeigt die Platine (hier spiegelverkehrt dargestellt, als transparente Draufsicht von der Bestückungsseite aus), Bild 24 den Bestückungsplan hierzu.

Die Ausgänge der Dekoder werden nicht über die 21-polige Stiftleiste geführt, sondern direkt mit der mechanisch über der Registerplatine befestigten Anzeigenplatine 7406 (Bild 25) verdrahtet. Die Verbindung zu den Anzeigen geschieht über 42 470 Ω -Widerstände, die zum Betrieb der LED-Segmente notwendig sind, sowie über 9 Leitungen zur Stiftleiste von 7405 für Stromversorgung und Dezimalpunkte (vergl. Bild 36).

Die Dezimalpunkte der Anzeigen werden beim Verfasser zur Überwachung verschiedener logischer Zustände verwendet. Dafür ist auf 7406 ein Treiberbaustein SN7407 (1S7, offener Kollektor) vorgesehen, dessen Eingänge mit an die Stiftleiste von 7405 geführt werden und beliebig mit irgendwelchen TTL-Signalausgängen beschaltet werden können. Beim Verfasser werden folgende Funktionen kontrolliert:

Torzeit (Punkt 10, 7405) an D.P. Stunden-Zehner (Punkt 20, 7405)

hell = Tor auf

Parität (frei verschaltet an Anschluss 1/IS15, 7405) an D.P. Stunden-Einer (Punkt 19, 7405)

dunkel + Tor zu = erfüllt

Übernahme (Punkt 11, 7405) an D.P. Minuten-Zehner (Punkt 18, 7405)

hell = Übernahme vom Sender ist erfolgt

Shift (Punkt 3, 7403) an D.P. Sekunden-Zehner (Punkt 16, 7405)

hell = + 1 Impuls zusätzlich

DCF-Sekunde (Punkt 5, 7405) an D.P. Sekunden-Einer (Punkt 17, 7405)

hell = Low-Zeit (0,1 bzw. 0,2 s)

Für eine andere mechanische Anordnung von 7406/7405 ist es auch möglich, die Platine 7405 entsprechend Bild 23 im Europaformat mit 31-poliger Stiftleiste zu verwenden, wobei die LED-Vorwiderstände mit auf die Platine 7405 gelötet werden und die Verbindung zu den Anzeigen 7406 über einen 64-adrigen Kabelbaum geschieht. Die Platine 7406 kann dann mechanisch unabhängig von 7405 im Empfängergehäuse befestigt werden. Bild 26 zeigt die Platine, Bild 27 den Bestückungsplan der Anzeige.

2.10 Netzteil 5 V und Beleuchtung 7404

Bild 28 (7404) zeigt das 5 V-Netzteil zur Versorgung der TTL-Bausteine in Anlehnung an [13]. Die Ausgangsspannung wird mit D1/D3 auf 5 V festgelegt. **Normalerweise** ist D3 entbehrlich, wenn für D1 eine Z-Diode mit 5,1 V verwendet wird (im Layout kann man D1 so einlöten, dass keine separate Brücke für D3 notwendig ist). **Alternativ** kann man aber für D1 auch eine Z-Diode mit 4,3 V einsetzen, wenn zur Temperaturkompensation eine Diode D3 in Reihe geschaltet wird. Mit P3 lässt sich der Einsatz einer progressiven Strombegrenzung mit T3, T4 auf z.B. 2 A einstellen. T6 muss auf einen Kühlkörper montiert werden (oder an die Gehäusewand; Glimmerscheibe nicht vergessen und isolierte Schrauben). Gl.2 kann zwar auf die Platine gelötet werden, wegen der großen Wärmeentwicklung ist es jedoch empfehlenswert, ihn ebenfalls am Gehäuse zur Kühlung zu befestigen (vergl. Bild 36). T5 muss mit einem Kühlstern versehen werden. Die Bilder 29 und 30 zeigen Platine und Bestückungsplan.

Natürlich kann für das 5 V-Netzteil auch eine andere Schaltung verwendet werden, z.B. mit integrierten Regelbausteinen.

Hinweis: Wie im Layout der Platine (Bild 29/30) zu sehen, sind die Punkte 1 mit 2 und 3 mit 4 verbunden, anders als im Schaltbild des Funkschau-Artikels dargestellt. Dies dient der sichereren Verbindung und sollte daher auch bei der Rahmenverdrahtung (Bild 36) berücksichtigt werden.

Bild 31 (7404) zeigt ein einfaches Netzteil zur Versorgung der LED-Anzeigen und zur Beleuchtung der beiden Instrumente (Fang + Feldstärke). Es handelt sich hierbei um ein von der Umgebungshelligkeit gesteuertes Netzteil mit einem Fotowiderstand LDR03, das die Helligkeit der Anzeigen und Lampen der Helligkeit der Umgebung anpasst. Anderenfalls ist die Beleuchtung entweder nachts zu grell oder am Tage überstrahlt die helle Umgebung (Sonne) die Anzeigen. Der Fotowiderstand steuert T2 derart, dass die Ausgangsspannung je nach Lichteinfall begrenzt wird. Infolge fehlenden Ladeelkos hinter dem Gleichrichter ergeben sich am Ausgang mehr oder weniger stark begrenzte Sinus-Halbwellen (100 Hz).

Diese Art der Erzeugung der Display-Betriebsspannung hat gegenüber einer 5 V-Versorgung den Vorteil, dass unterschiedlich hohe Flussspannungen der LED-Segmente (typisch 3,5 V) sich wegen der höheren Betriebsspannung nicht so auf die Helligkeit auswirken können.

Mit P1 und P2 wird die Steuercharakteristik individuell eingestellt. Dabei legt P1 den Ausgangsspannungsspitzenwert bei Dunkelheit (Minimum) und P2 bei größter Umgebungshelligkeit (Maximum) fest.

Da die LED-Anzeigen eine gewisse Schwellenspannung benötigen, wird der untere benötigte Spannungswert bei etwa 4 V (für DL747) liegen, während der maximale Spannungswert nicht über 15 V liegen darf (die Ausgangstransistoren der Dekoder SN7447 dürfen nur mit 15 V max. betrieben werden). Wählt man als oberen Spannungswert 13 Vs, müssen an den Vorwiderständen $13 \text{ Vs} - 3,5 \text{ V}$ Schwellenspannung = 9,5 V bei max. 20 mA abfallen, d.h. $R_v = 470 \Omega$.

Die maximale Helligkeit der Anzeigen lässt sich erhöhen, wenn man die Dekoder durch Typen SN7447A ersetzt. Dann darf man einen Segment-Spitzenstrom von 30 mA (beim DL747) zulassen und die Vorwiderstände müssen etwa 320Ω groß sein. Der SN7446A hat sogar eine max. zulässige Ausgangsspannung von 30 V.

Bei gleichem Spitzenstrom könnte durch Hinzufügen eines Ladekondensators (470...1000 μ /35 V) hinter dem Gleichrichter (ggf. an Punkt 19) die Helligkeit etwas gesteigert werden, weil dadurch der Spannungsmittelwert ansteigt. Die Verlustleistung in den Widerständen R7...R48 auf 7405/7406 muss dabei beachtet werden (bei 20 mA 0,2 W, bei 30 mA 0,3 W). T7 sollte auf einen Kühlkörper montiert werden (vergl. Bild 36).

2.11 Netzteil $\pm 15 \text{ V}$ 7303

Für die Versorgung der analogen Schaltungsteile ist eine Spannung von $\pm 15 \text{ V}$ /max. 0,1 A vorzusehen. Bild 32 (7303) zeigt die verwendete Schaltung, wobei IS2 die positive Spannung regelt (mit P2 einstellbar) und IS1 die negative Spannung (mit P1 stellt man die Symmetrie ein). T2/R2 und T4/R1 begrenzen den Ausgangstrom auf ca. 0,25 A. T1 und T3 müssen mit einem Kühlstern versehen werden.

Natürlich kann für das $\pm 15 \text{ V}$ Netzteil auch eine andere Schaltung verwendet werden, z.B. mit integrierten Regelbausteinen. Bild 33 zeigt die Platine, Bild 34 den Bestückungsplan.

2.12 Netztrafo

Der Netztrafo muss folgende Sekundär-Wicklungen haben (Eingang 230 VAC):

2x 18 V, 0,2 A für $\pm 15 \text{ V}$

1x 12 V, 2 A für +5 V

1x 12 V, min. 1A für Beleuchtungsspannung

Hinweis: die etwas niedrigeren Spannungswerte im Funkschau-Artikel liegen in der damals niedrigeren Netzspannung mit 220 VAC.

Er sollte eine Schutzwicklung zwischen Primär- und Sekundärwicklung besitzen, die an Masse gelegt wird. Will man den Trafo selbst wickeln, gelten etwa folgende Wickelraten:

Kern M74/32

prim. 1210 Wdg. 0,3 CuL

Lagenisolation

Schutzwicklung 1 Lage 0,3 CuL

sek. 2 x 100 Wdg. 0,3 CuL für $\pm 15 \text{ V}$

1 x 65 Wdg. 1,0 CuL für +5 V

1 x 65 Wdg. 0,9 CuL für Beleuchtung

Die Leistungsaufnahme des Gerätes liegt bei etwa 36 VA bzw. 28 W (gemessen an 236 VAC).

2.13 Zusatzschaltungen 7407

Bild 35 zeigt eine Zusatzschaltung zum Mithören der Sendesekunden: Sie modulieren einen aus der Teilerkette auf Platine 7403 entnommenen 1 kHz-Ton, der über einen Lautstärkereglern P1 von einer Telefonhörkapsel abgestrahlt wird. Der Minutenimpuls wird mit T1, R1, C1 als verlängerter Hörimpuls abgegeben. Über T3 wird bei leise gestelltem Hörer im Falle des Senderausfalls (Inhibit aktiv) die Lautstärke soweit erhöht, dass der Ton zu hören ist (einstellbar über die Wahl von R3). Sobald Inhibit mit dem nächsten Minutenimpuls mit Übernahme wieder rückgesetzt wird, verstummt der Ton wieder. Hierzu muss P1 im Normalfall so eingestellt sein, dass gerade kein Ton hörbar ist. Anderenfalls wirkt sich die Schaltung von T3 kaum aus. Will man diese Automatik abschalten, regelt man P1 auf ganz leise.

Die Platine 7407 ist außerdem als Reserve für Erweiterungen usw. gedacht. Daher wurde dafür eine Lochrasterplatine verwendet, auf der die Mithörschaltung handverdrahtet wurde.

3 Verdrahtung der Platinen untereinander und allgemeine Hinweise für den Nachbau

Bild 36 zeigt die Verdrahtung der einzelnen Platinen untereinander und der zusätzlichen Komponenten. Die Platinen werden in einem Baugruppenrahmen senkrecht mit Steckerleiste nach vorn eingebaut, nur die Register/Auslesung 7405 und Anzeige 7406 werden an die Frontplatte montiert. Alle nicht gleichspannungsführenden Leitungen sollten abgeschirmt sein. Für die Masseverbindungen ist eine breite Masseschiene zweckmäßig.

Hinweis: bei 7404 sollten die Punkte 1 mit 2, 3 mit 4 und 5 mit 6 gemeinsam beschaltet werden.

Bild 37 zeigt das geöffnete Gerät mit den Maßen 275 mm x 210 mm x 85 mm. Der mechanische Aufbau ist grob zu erkennen: Die Platinen der Baugruppen 7409, 7401/7601, 7402, 7306, 7403, 7407, 7303 und 7404 sind im Baugruppenrahmen angeordnet (vergl. Bild 45). An der Frontplatte des Gehäuses werden 7405/7406, die Instrumente, Handtaster, Umschalter für die Übernahme (S1), LDR, Telefonkapsel und Netzschalter montiert (Bild 44). An der Rückseite sitzen die Kühlbleche der beiden Transistoren T6, T7 (7404), Netzsicherung, Antenneneingang und diverse festverschaltete Normalfrequenzgänge (jeweils über BNC-Buchsen) von 7403, Lautstärkereglern (P1/7406), Oszillator-Vorspannungsregler (P1/7306). Der Gleichrichter Gl.2 von 7404 ist zur Kühlung ebenfalls an dem rückwärtigen Gehäuseblech (von innen) befestigt. Das Gehäuse muss mit dem Schutzkontakt des Netzsteckers verbunden sein.

Die Transistoren sind i.a. unkritisch. Für alle BCY59, BC107, BC182 eignet sich jeder npn-, für alle BCY79, BC177 jeder pnp-Kleintransistor; sie sollten jedoch von einwandfreier Qualität sein (d.h. ausreichende Stromverstärkung). Die nicht beschrifteten Dioden sind z.B. 1N4148 oder BAW75.

Aufbau und Inbetriebnahme:

Für die Inbetriebnahme der einzelnen Platinen sollte der mechanische Aufbau des Gerätes - insbesondere die Platinenhalterungen mit den 21-poligen Federleisten - schon erfolgt sein, so dass auch schrittweise die endgültige Verdrahtung vorgenommen werden kann.

Zunächst werden die beiden **Netzteile 7404, 7303** aufgebaut und getestet. Dabei dürfen sich die Ausgangsspannungen bei Belastung mit den Nennströmen praktisch nicht ändern. Mit einem Oszillografen lassen sich dabei auch die Ausgangsbrummspannungen bei Vollast kontrollieren, die nur einige mV betragen sollten. Die Beleuchtungsspannungsregelung auf 7404 wird mit einem Oszillografen zunächst so eingestellt, dass bei Abdunkelung des LDR etwa 4 Vs entstehen und bei maximaler Beleuchtung etwa 13 Vs. Die genaue Einstellung erfolgt individuell, wenn die Anzeigen angeschlossen sind.

Sodann kann der **Antennenverstärker 7408/7308** und der **Filterverstärker 7409** in Betrieb genommen werden. Die Resonanzfrequenz der Ferritantenne sollte z.B. mit einem durchstimmbaren Generator überprüft werden. Das gleiche gilt für den LC-Resonanzkreis L2/C8 auf 7409. Geringe Abweichungen sind wegen seiner relativ großen Bandbreite unerheblich.

Beim Durchwobeln des Antennenverstärkers muss Filterplatine 7409 wegen des Resonanzkreises L2/C8 (7409) abgeklemmt sein, anderenfalls wird die Messung dadurch verfälscht. Dazu den Antennenverstärker getrennt über einen Widerstand (z.B. 470 Ω) mit Spannung speisen und bei hinreichender Eingangsamplitude von einem HF-Generator (lose kapazitiv gekoppelt) das Ausgangsspannungs-Maximum suchen. Dabei aber darauf achten, dass der Verstärker nicht übersteuert wird.

Zum Prüfen des Resonanzkreises L2/C8 (7409) des Filterverstärkers den Quarz und R20 entfernen, am Filtereingang einen Generator möglichst hochohmig einspeisen und das Spannungs-Maximum suchen.

Wird der Antennenverstärker und der Filterverstärker mit einem Stück Koax-Kabel (ca. 2 m lang) verbunden und die Betriebsspannung (+15 V) angelegt, muss am Filterausgang Punkt 21 (7409) auf einem Oszillografen bereits der modulierte Träger von DCF77 sichtbar sein. Mit P1 wird eine Ausgangsspannung von etwa 1 V_{eff} eingestellt. Mit P2 und C7 justiert man das Signal auf sauberste Kurvenform.

Als nächstes werden **7401 und 7402** verschaltet. Hinter IS1 (7401) muss dann bereits ein verstärktes Gleichspannungssignal mit ca. 2,6 V anstehen. Mit P2 (7401) wird die Spannung an C10 auf etwa 75% (oder bis 63 %) des Maximalwertes an C9 eingestellt, die sich bei der Trägertastung nur kaum ändern darf. Nach dieser Einstellung müssen an Punkt 9 (7401) bereits saubere Sekundenmarken mit 0,1 s oder 0,2 s Dauer erscheinen.

Nun werden die Zeitkonstanten der Monoflops IS5, IS4, IS3 grob überprüft und eventuell korrigiert. Sind sie richtig eingestellt, muss jede Minute an Punkt 2 (7401) ein Impuls erscheinen. Die Zeitkonstanten werden stark von der Toleranz der Elkos beeinflusst. Nötigenfalls die Elkos tauschen oder durch Parallelschalten den passenden Wert ermitteln. Da IS3, IS4 nur zu jeder Minute getriggert werden, kann zur besseren Einstellung C14 mit einem 470 μ F-Elko vorübergehend überbrückt werden, so dass alle 2 s eine Anregung erfolgt. Besonders bei IS4 beachten, dass der SN74122 einen stark negativen Temperaturkoeffizienten hat (um -0,5 %/K). **Bei Verwendung des digitalen Minutenfilters 7601 entfällt der Abgleich.**

Bevor 7402 kontrolliert werden kann, muss der **Oszillator 7306** aufgebaut und getestet werden. Seine Einstellung ist etwas kritisch. Zunächst wird Punkt 12 an Masse gelegt und der Trimmer P1 an Punkt 7 auf Mittelstellung eingestellt. Wenn der Oszillator noch nicht schwingt, muss das Verhältnis C3/C4 verändert werden. Die genaue Schwingfrequenz ermittelt man am besten mit einem Frequenzzähler. Wenn der Oszillator richtig eingestellt ist, lässt sich mit P1 die Frequenz von 1 MHz um ca. \pm 20 Hz ziehen. Gegebenenfalls müssen C3 und C4 gleichsinnig verändert werden.

An Punkt 20 kann man mit dem Oszillografen feststellen, ob das Gatter IV/IS3 im gesamten Bereich noch sauber durchgeschaltet wird. Wenn das nicht der Fall ist, muss entweder das Verhältnis R8/R4 oder C3/C4 korrigiert werden. Anschließend kann man sich überzeugen, dass an Punkt 8 eine Rechteckfrequenz von 77,5 kHz steht, die einen Flankenjitter von 1 μ s aufweist.

Nun kann der **Reglerverstärker 7402** getestet werden. Mit P1 (7402) wird der Jitter an Anschluß 1 IS4 (Punkt 2 an +5 V) auf Minimum eingestellt. P2 steht in Mittelstellung. An Punkt 3 wird ein Glühbirnchen 12 V/ 80 mA mit der Beleuchtungsspannung Punkt 20 (7404) verbunden. Wird an Punkt 11 die synthetische Frequenz 77,5 kHz von Punkt 8 (7306) eingespeist und Punkt 4 (7402) mit Punkt 12 (7306) verbunden, muss der Oszillator einrasten, d.h., die Regelspannung stellt sich etwa 5 s nach dem Einschalten auf einen festen Wert ein (Eigenfrequenz etwa 0,2 Hz). Mit P1 (7306) wird die Regelspannung auf 0 abgeglichen. Dies sollte bei warmem Gerät (Gehäuse geschlossen) erfolgen. Schwankt die Regelspannung periodisch und läuft schließlich an einen Anschlag, ist der Regelkreis nicht stabil. Man ersetzt dann zweckmäßigerweise R17 (7402) durch einen Trimmer 1 M Ω und stellt ihn so ein, dass die Regelspannung sicher zur Ruhe kommt. Die Rastung kann man auch mit einem Oszillografen überprüfen: Auf den Eingang gibt man das

synthetische 77,5 kHz Signal und triggert mit dem Empfangssignal. Es muss sich ein stehendes Bild ergeben (ggf. mit Jitter je nach Empfangsstörungen).

Nun wird die **Teiler-/Shift-Platine 7403** in Betrieb genommen. Die Shift selbst kann allerdings erst beim Betrieb der gesamten Uhr getestet werden. Auf jeden Fall muss an Punkt 7, 18, 6, 8, 14 ein Sekundentakt vorhanden sein (Punkt 2 auf +5 V). Die Zeitkonstante t_1 wird auf etwa 10 ms eingestellt. Am fertigen Gerät könnte die wahre Empfängerlaufzeit gemessen werden, die unter Hinzufügen der Laufzeit der Wellenausbreitung (ca. 1 ms/300 km) mit P1 eingestellt wird. Im Allgemeinen ist die Größe von t_1 jedoch unkritisch.

Wenn alle diese Baugruppen zufriedenstellend arbeiten, wird die **Registerplatine 7405** mit der **Anzeigenplatine 7406** verdrahtet und in Betrieb genommen. Dazu müssen die 42 Vorwiderstände (R7 bis R48) und die 9 Drahtbrücken zwischen 7406 und 7405 verschaltet sein und die Beleuchtungsspannung über Punkt 21 (7405) muss anliegen.

Zunächst wird der Zählerteil IS7...IS20 getestet. Dazu wird Punkt 4 provisorisch auf +5 V gelegt. Wenn an Punkt 3 die synthetischen Sekunden vorhanden sind, muss der Sekundenzähler IS11/IS12 arbeiten: Er zählt bis 59 und setzt dann auf 00 zurück und gibt einen Übertrag an IS10. Um die Minutenzählung (IS9/IS10) zu überprüfen, gibt man auf Punkt 3 provisorisch eine höhere Frequenz (z.B. 50 Hz aus 7403) und beobachtet, ob bei der 59. Minute ein Übertrag auf den Stundenzähler IS7/IS8 erfolgt. Zum Testen des Stundenzählers gibt man auf Punkt 3 z.B. 5 kHz. Beim Zählerstand 23 59 59 muss der gesamte Zähler auf 00 00 00 zurückspringen. Nun werden alle restlichen Verbindungen vorgenommen und die Zeitkonstante von IS21 auf 150...170 ms eingestellt.

Der erste Minutenimpuls des Senders setzt IS11 und IS12 auf 00 und über Punkt 9 die Teilerkette auf 7403 zurück. Nach der 35. Sekunde muss an Anschluss 1/IS15 High liegen, sofern die Einlesung korrekt erfolgte. Der folgende Minutenimpuls übernimmt dann den Registerinhalt (IS18/IS19) in den Speicher IS7...IS10 und bringt die Uhrzeit zur Anzeige.

Wenn man die Tonschaltung 7407 schon aufgebaut hat, kann man akustisch verfolgen, ob eventuell Störungen dem Signal überlagert werden. Fällt gerade ein Störimpuls zwischen die 58. und 60. Sekunde, kann der Minutenimpuls ausbleiben, weil IS4 (7401) nachgetriggert wird und eine Übernahme erfolgt nicht.

Bis zur Übernahme waren die Regelkreise abgeschaltet: Punkt 7 low; Lampe Fang an Punkt 20 (7404) dunkel. Danach werden sie freigegeben und die Lampe brennt. Innerhalb von ca. 5 s muss sich die Regelspannung auf einen konstanten Wert eingependelt haben. Je nach der Wahl von t_1 macht sich spätestens nach einer viertel Stunde ($10 \text{ ms} = 1000 \times 10 \text{ } \mu\text{s/s} \Rightarrow \text{ca. } 17 \text{ Min.}$) die Impulsshift bemerkbar: Nach dieser Zeit muss im Schnitt über 1 Minute Punkt 3 (7403) 30 mal high und 30 mal low sein. Dann hat sich nämlich die Phasenlage zwischen den DCF- und den synthetischen Sekunden um t_1 verschoben und auf $\pm 10 \text{ } \mu\text{s}$ eingestellt. Die Funktion der Shift lässt sich besser überprüfen, wenn dazu t_1 vorübergehend auf Minimum (ca. 2 ms) gestellt wird. Dann sollte die Phasenkorrektur nach 3 Minuten erreicht sein.

Zu Beginn ist Punkt 3 (7403) immer low, weil die Shift zunächst den Zähler 100 kHz/1 Hz um t_1 vorlaufen lassen muss, was mit einer Geschwindigkeit von $10 \text{ } \mu\text{s/s}$ geschieht.

Nach all diesen Überprüfungen ist die Uhr betriebsbereit. Falls jedoch Schwierigkeiten auftreten, sollten folgende Hinweise beachtet werden:

zu 7405

- IS21 triggert beim 2 Impuls nicht: an Anschluss 8 IS16 (7405) Kondensator C15 = 330 pF (7405) vergrößern.
- Minutenzähler springt von Zählerstand 39 auf 00: C3 vergrößern
- Übertragungsimpuls von IS9-IS8 doppelt: C2 vergrößern
- Kein Übertragungsimpuls von IS9-IS8: R2 verkleinern

- Beim kurzen Netzaus- und einschalten muss Inhibit-FF IS20-III, IV gesetzt werden. Ist das nicht der Fall, wird C11 nicht schnell genug entladen: Widerstand von 10 k Ω parallel zu C11 oder von Punkt 2 an Masse.
- Nach dem ersten Netzeinschalten könnte zufälligerweise der Inhalt der Register auf richtige Parität stehen, so dass der erste erkannte Minutenimpuls bereits eine Übernahme veranlassen könnte, obwohl noch gar nicht vollständig eingelesen wurde; erst der 2. Minutenimpuls bringt dann die korrekte Uhrzeit; ggf. Paritätsbausteine wechseln (*Anmerkung: dieser Hinweis kann derzeit nicht verifiziert werden*)
- Falls die Gatter IV/IS16, III/IS20, II/IS15 nicht einwandfrei schalten, sollten R6, R17, R10 durch Widerstände 470 Ω ersetzt werden.

zu 7401

- Spannung an C10 schwankt: Kondensator austauschen; evtl. Tantalkondensator verwenden
- Störabstand verbessern: P2 auf etwa 63 % justieren (statt 75 % für beste Reproduzierbarkeit der Sekundenflanken)
- Störender Nadelimpuls am Ausgang Punkt 2 (Minuten-Puls): tritt möglicherweise nach 59,5 s auf, wenn IS4 abfällt und dabei IS3 triggert (Pulsüberlappung).

zu 7409

- Schwingneigung des Antennenverstärker 7408 (Feldstärkeanzeige Vollanschlag und keine Sekunden erkennbar): R20 erhöhen (75 Ω) oder weglassen.
- Überlagerung von anderen Lang- und Mittelwellensendern: LC-Resonanzfrequenzen auf 7409 und 7408 prüfen; Neutralisationsglieder P2, C7 justieren.
- Wenn die Möglichkeit besteht, sollte man die Bandbreite der Quarzschaltung messen. In der angegebenen Dimensionierung lag sie z.B. beim Verfasser bei 16 Hz. Für 30 Hz Bandbreite musste R15 auf 82 k Ω vergrößert werden.
- Falls die Quarzresonanzfrequenz nicht genau auf 77,500 kHz liegt, kann C6 geändert werden.

zu 7404

Hell-Dunkel-Wert von LDR03 reicht nicht aus: für P1 höheren Wert nehmen, z.B. 100 k Ω .

zu 7306

Falls der Oszillator bei jeder Sekunde ausrastet, sollte das Ausgangssignal Punkt 21 (7409) auf überlagerte Störungen kontrolliert werden.

zu 7403

Die Laufzeit des gesamten Empfängers wurde mit 15 ms gemessen (75 % Sekunden-Flanken-trigger auf 7401). Dabei trägt das 30 Hz Quarzfilter selber nur 4 ms bei.

Die Laufzeit des Quarzfilters nach [7] mit 16 Hz Bandbreite betrug 10 ms. (*Hinweis: diese Aussage kann derzeit nicht verifiziert werden*)

Allgemein

Brummstörungen 100 Hz auf Empfangssignal: Erdverhältnisse überprüfen (Chassis erden; Schutzwicklung)

Es ist selbstverständlich, dass man die Platinen sehr sorgfältig verlöten muss. Das gilt ganz besonders für die sehr gedrängt aufgebaute Registerplatine 7405. Um auch Lötstellen von

Leitungen, die auf der Bestückungsseite unter einem IS abgehen, einwandfrei verlöten zu können, sollten bei den IS auf 7405 (besser auch bei allen anderen) IS-Fassungen verwendet werden, die als sogenannte Meterware (Einzelpins, gestanzte) angeboten werden und keinen isolierten Mittelsteg besitzen, oder auch Einzelreihenleisten (SIL) oder einzelne Rundkontakte.

Hinweis: Zeitweilig hat die Firma Secutronic (Inhaber Herr Udo Voit), Bonn, in 1977 einige der Leiterplatten zum Verkauf angeboten. Leider wurde die Geschäftsbeziehung zum Verfasser unseriös beendet und die überlassenen Film-Vorlagen habe ich nicht zurück erhalten. Aus diesem Grund kann ich keinerlei Hilfestellung zur eigenen Platinenherstellung liefern, der Funkschau-Abdruck ist die einzige Quelle zur Erstellung eigener Film-Vorlagen.

4 Erfahrungen mit dem aufgebauten Gerät

Erfahrungen mit dem Gerät (Bild 38) liegen nun schon über viele Jahre (seit 1974) vor (Empfangsort Braunschweig und München). Anfangs wurde mit dem angedeuteten aktiven RC-Filter 7307b experimentiert, dessen Bandbreite zwischen 400 und 1000 Hz lag. Obwohl es öfter nachgestellt werden musste, zeigte es jedoch, dass diese Bandbreite im Normalbetrieb ausreichend ist. Wie auch mit dem 30 Hz breiten Quarzfilter kamen selten Übertragungsfehler vor. Und wenn doch, erkannte dies die Paritätskontrolle nahezu immer, so dass kaum jemals eine falsche Anzeige im beobachteten Zeitraum auftrat. In der Beziehung sind kurzzeitige Knackimpulse (z.B. von Schaltern, Thermostaten o.ä.) unkritisch, weil sie nicht sehr gehäuft auftreten und wahrscheinlich nur 1 Bit bei den Stunden oder Minuten verfälschen, was leicht erkannt wird.

Unangenehmer sind Prasselstörungen, deren Ursachen verschiedener Natur sein können. Durch die Häufung der Störimpulse lässt sich die Paritätskontrolle täuschen: Nicht erkannt werden können ja alle geradzahigen Bit-Verfälschungen (2, 4, 6 Bit jeweils bei Stunden und Minuten). In diesen Fällen bleibt jedoch oft auch der Minutenimpuls aus, so dass sowieso keine Übernahme aus dem Register erfolgt. Überhaupt kann man zu Zeiten, wo mit starken, gehäuften Störungen zu rechnen ist, auf internen Betrieb umschalten (S1, Bild 1). Das wird jedoch nur in ganz seltenen Fällen nötig sein. Eine Bandbreite von ca. 30 Hz wie bei 7409 verringert die Störanfälligkeit.

Störungen durch eine vom Verfasser im selben Raum betriebene UKW- und KW-Amateurfunk-Anlage treten überhaupt nicht auf. Unangenehme Störursachen können jedoch durch Oszillografen (Zeitablenkung), Röhren-Fernsehgeräte (Zeilenoszillator), Tonbandgeräte (Löschoszillator) und Dimmer gebildet werden, deren Ausstrahlungen eventuell direkt in den Empfangskanal fallen. Die Richtwirkung der Ferritantenne kann zweckmäßig zur Störerausblendung herangezogen werden (scharfes Minimum). Wenn der Uhrenempfänger an einem festen Platz betrieben wird, sollte man die Antenne an einem günstigen und einigermaßen störsicheren Ort (z.B. Dachboden) platzieren. Die Länge der Antennenzuleitung ist unkritisch (erprobt wurde z.B. mit 16 m Koax-Kabel).

Um sich jederzeit vom ordnungsgemäßen und störfreien Empfang des Gerätes zu überzeugen, gibt es auch ohne Oszillograf verschiedene Möglichkeiten: Der Zeiger des Feldstärkemessers schlägt sauber aus und fällt jede Sekunde zurück; durch die geringe Trägheit des Instruments kann man auch die unterschiedlich langen Sekundenmarken erkennen: Bei 0,2 s langen Sekunden geht der Zeiger des Instruments fast bis auf 0 zurück, bei 0,1 s langen Sekunden nur etwa auf die Hälfte. Beim Zittern des Zeigers sind dem Empfangssignal Störungen überlagert. Allerdings ist das Verhalten des Instruments stark von seinen Eigenschaften abhängig. Wenn man parallel dazu einen Elko schaltet (z.B. 470 µF; auf 7601 bereits vorhanden), kann man die Anzeige angenehm träge machen.

Das Instrument für die Regelspannung reagiert sehr empfindlich auf Empfangsstörungen. Normalerweise wird sein Zeiger ruhig in der Mitte der Skala (≈ 0) stehen. Bei geringen Störungen schwankt er im Takt der Sekundenmarken mehr oder weniger stark, bei größeren Störungen rastet der Oszillator aus und der Zeiger schlägt über der gesamten Skala hin und her.

Eine akustische Kontrolle bietet der Tonoszillator auf 7407. Dabei werden z.B. Knackimpulse und Prasselstörungen auf dem Signal hörbar gemacht. Man wird ihn normalerweise nur zu Testzwecken verwenden und ihn sonst mit P1 abstellen.

Beim Senderausfall läuft die Uhr intern weiter. Er wird festgestellt am Ausbleiben der Sekundensignale. Die Erkennung arbeitet sehr sicher. Allerdings muss man bedenken, dass der Empfänger weiterhin aktiv bleibt und gewisse Störungen, die in den Empfangskanal gelangen, Fehler verursachen können. Sie machen sich so bemerkbar, dass ein Minutenimpuls vorgetäuscht wird und entweder der Sekundenzähler zurückgesetzt wird, oder - wenn zufällig die Parität stimmt - auch fälschlicherweise ein unsinniger Registerinhalt übernommen wird. Die Anzeige bleibt dann so lange falsch, bis der Sender wieder arbeitet und der erste Minutenimpuls alles wieder definiert setzt. Das könnte etwa bei Gewittern passieren, wo Störungen als Bursts auftreten und eine Minute simulieren könnten.

Entweder behilft man sich zu den Zeiten eines längeren Senderausfalls (**bis Juni 1977** war das jeden 2. Dienstag im Monat von 5 bis 9 Uhr) durch rechtzeitiges Umschalten auf internen Betrieb oder man ergreift Maßnahmen, die den Empfänger sicherer machen, sofern sich das überhaupt als notwendig erweist:

Erhöhung der Vorspannung bei der Gleichrichtung durch Verkleinern von R18 (7401) (dabei leidet die Linearität der Sekundendekodierung bzw. -triggerung bezüglich Feldstärkeänderungen). Vergrößerung von C9 (7401) (Erhöhung der Empfängerlaufzeit und größere Zeitunsicherheit der Sekundenflanken).

Änderung der Zeitkonstanten von IS3, IS4 (7401): IS4 auf ca. 1,8 s (die obere mögliche Grenze von 2 s kann wegen thermischer Instabilität der Zeitkonstante nicht erreicht werden), IS3 auf ca. 0,4 s. Minutenerkennung statt mit Monoflops auf digitale Weise (Platine 7601, siehe Abschnitt 5). Abgesehen von der letztgenannten Möglichkeit scheinen solche Maßnahmen am geeignetsten zu sein, die den Empfänger nur während eines Senderausfalls bzw. solange das Inhibit-FF auf 7405 gesetzt ist, unempfindlicher bezüglich Impulsstörungen machen.

Z.B. kann man für diesen Zeitraum die Vorspannung für IS1 (7401) auf einige 100 mV erhöhen, C9 auf 3,3 μ vergrößern oder vom Schleifer von P1 (7401) zur Senkung der relativen Triggerschwelle bei kleinen Eingangssignalen einen Widerstand (Größenordnung 200 Ω) an Masse schalten lassen. Dabei muss man nur berücksichtigen, dass bei einer normalen Senderfeldstärke (ca. 1 Veff) dann noch die Sekundensignale und der Minutenimpuls einwandfrei demoduliert werden können, damit nach einem Senderausfall das Inhibit-FF zurückgesetzt werden kann.

5 Erweiterungsmöglichkeiten

Das Gerät lässt sich in verschiedener Hinsicht erweitern bzw. ändern. Nachfolgend einige Vorschläge, die teilweise auch umgesetzt wurden (bislang aber nicht veröffentlicht).

7401 Senderausfallerkennung mit Feldstärkeschwelle.

Wenn der DCF77-Sender ausfällt bzw. abgeschaltet ist, könnten Störsignale in manchen Fällen einen Minutenimpuls erzeugen und damit die Uhrzeit völlig falsch stellen, wenn die Parität zufällig passt. Noch kritischer ist das aber bei nur schwachem Empfang oder bei Trägerstörungen, wo Sekundenmarken nur sporadisch durchkommen. Wenn dann etwa einmal eine Sekunde erkannt wird, die nächste aber nicht, dann aber die weitere sehr wohl wieder, entspricht das der Definition einer Minutenmarke (2 Sekundenmarken im Abstand von 2 s). So würden beliebig oft Minutenmarken entstehen können. Um das zu verhindern, könnte man die Minutenmarkenerzeugung verknüpfen mit einer Feldstärkekontrolle, die Minutenmarken nur zulässt, wenn die Feldstärke ausreichend ist. Dies lässt sich auf 7401 leicht nachrüsten, indem man 4 Bauteile hinzufügt und IS6 (SN7400) gegen SN74132 austauscht. Schaltungsvorschlag auf Nachfrage.

7601 Digitales Minutenfilter

Die Minutenerkennung auf 7401 ist dadurch eingeschränkt, dass der Zeitbereich zur Erkennung der 2 s-Lücke vor dem Minutensignal nur recht grob wählbar ist, aufgrund von Ungenauigkeiten oder Unsicherheiten der analogen Monoflops. Das hat zur Folge, dass auch Störimpulse, die nicht genau im 2 s-Abstand kommen, als Minute gewertet werden. Eine genauere Zeiteingrenzung ist nur auf digitale Weise möglich. Das leistet das digitale Minutenfilter 7601, das 1976 entwickelt

wurde (noch nicht veröffentlicht, **siehe separates Dokument**). Das Zeitfenster ist hier bis herab zu etwa 2 ms um den 2-sec-Abstand herum eingrenzbar.

Dass während eines Senderausfalls 2 Störimpulse gerade im genauen Abstand ± 2 ms auftreten, ist sehr unwahrscheinlich. Arbeitet der Sender, könnten hierbei zwar durch Störungen einige Minutenimpulse ausbleiben, das bedeutet jedoch wegen der Gangreserve keinen Nachteil.

Die Schaltung hat im Analogteil bereits die Feldstärkekontrolle, um auch die Fehleranfälligkeit bei geringer Feldstärke zu verringern.

7403 Teiler mit Ausgangspuffer

Will man Teilfrequenzen der Zählerbausteine IS1 bis IS5 herausführen (z.B. über BNC-Buchsen), um andere Schaltungen oder Geräte über Kabel anzuschließen, muss man beachten, dass es beim Anstecken passieren kann, dass sich die Zählerkette „verzählt“. Zwar kann die Shiftautomatik den sich ergebenden Versatz langfristig korrigieren, aber das kann lange dauern. Hier wäre es praktikabler, wenn man die herausgeführten Signale über TTL-Pufferglieder führt (z.B. SN7404, SN74365 etc.).

7403 Shiftautomatik mit Schnellsynchronisierung

Die Synchronisierung der digitalen Shift dauert bei großen eingestellten Laufzeiten oder bei o.g. Störungen sehr lange, da nur jede Sekunde 10 μ s ausgeglichen werden können. Sie ließe sich beschleunigen durch eine zusätzliche Schnellsynchronisierung, die z.B. zunächst grob 0,1 ms- oder 1 ms- und dann 10 μ s-Schritte shiftet. Das lässt sich z.B. erreichen, wenn man statt mit 1 MHz wahlweise mit einer höheren Frequenz, z.B. 10 MHz, arbeitet. Dann werden je Sekunde 190 μ s-Schritte geschiftet.

Andererseits kann man die Shift statt bei 100 kHz/1 MHz bei 1 MHz/10 MHz vornehmen, womit sich auch eine feinere Stufung (1 μ s/s) erreichen ließe. Dann ist aber auf jeden Fall eine Schnellsynchronisierung nötig.

Verwendet man grundsätzlich eine Oszillatorfrequenz von 10 MHz und teilt bei 7306 entsprechend die Ausgangsfrequenz an Punkt 8 zusätzlich durch 10, reduziert sich auch der Flankenjitter der synthetischen 77,5 kHz auf 0,1 μ s gegenüber 1 μ s bei 1 MHz.

7405 Datumsanzeige

Neben der Uhrzeit wird ja auch das Datum vom Sender übertragen. Um das auszulesen, muss man einen weiteren Schieberegisterzweig vorsehen. Zur Steuerung lässt sich zweckmäßig der Torimpuls an Punkt 10 (7405) verwenden. Es sind aber weitere Änderungen an der Schaltung erforderlich.

7405 Weckfunktion

Eine Schalt- und Weckvorrichtung ist wie auch bei jeder anderen Digitaluhr auf einfache Weise möglich, z.B. mit binären Stellschaltern. Allerdings muss man die erforderlichen Ausgänge der Zählerkette IS7 bis IS10 bzw. die Eingänge der IS1 bis IS4 herausführen.

7405/7406 abgesetzte Anzeigen

Die Register-Platine 7405 hat die Maße 75 mm x 160 mm. Die Druckvorlage ist auch verwendbar für einen Aufbau mit Europa-Karte (100 mm x 160 mm) mit 31-poliger Stiftleiste. Die Widerstände R7 bis R48 der Anzeigenplatine 7406, die zwischen 7406 und 7405 „fliegend“ gelötet werden, können in dem Fall mit auf die Platine 7405 aufgelötet werden. Die LED-Segmentanschlüsse werden dann über ein 64-poliges Flachbandkabel mit Steckerleiste mit 7406 verbunden. Die

Leitung Lampentest liegt dann an Punkt 28 der 31-poligen Stiftleiste. Mit Potential low können testweise alle Segmente eingeschaltet werden. Wird die 21-polige Steckerleiste beibehalten, entfallen die Punkte 28 (Lampentest) und 27 (DCF-Sekunde).

7407 Testfunktion

Auf dieser Experimentierplatine können einfache Erweiterungen untergebracht werden, wie der beschriebene Tonerzeuger zum Hörbarmachen der Sekundensignale. Das ständige Gepiepse kann aber sehr nervtötend sein. Man wird also entweder die beschriebene Automatik benutzen, oder den Ton ganz abschalten.

Danksagung

Im Rahmen der Entwicklung über den Zeitraum 1973 bis 1976 gab es viel Unterstützung von Freunden, so dass ich mich an dieser Stelle insbesondere bei H. Haensel (DJ1WM) und K.-D. Kahn auch für die wertvollen Diskussionen und Anregungen bedanken möchte, ebenso bei den Herren Rohbeck und Hetzel von der PTB für die zur Verfügung gestellte Zeit.

Literatur (Stand 1977):

- [1] Becker: Aussendung und Empfang des Zeitmarken- und Normalfrequenz-Senders DCF77
PTB-Mitteilungen 4/1972 Band 82 S. 224
- [2] Hetzel: Eine Demodulations- und DUT 1-Dekodierschaltung für den Empfang der Zeitmarken
des Senders DCF77
PTB-Mitteilungen 6/1972 Band 82 S. 389
- [3] Becker, Hetzel: Kodierte Zeitinformation über den Zeitmarken- und Normalfrequenzsender
DCF77
PTB-Mitteilungen 3/1973 Band 83 S. 163
- [4] Schreiber: Der Zeitzeichen- und Normalfrequenzsender DCF77
Funktechnik 1/1974 S. 21 und 2/1974 S. 61
- [5] Schreiber: Eichfrequenz- und Zeitzeichenempfänger mit Normalfrequenzaufbereitung
Funktechnik 9/1974 S. 329 und 10/1974 S. 363
- [6] Schreiber: Empfänger für Zeitzeichensendungen
Funktechnik 9/1973 S. 319
- [7] Rohbeck, Hetzel: Datums- und Zeitangabe drahtlos empfangen
Funkschau 19/1974 S. 727 (Nachtrag in 23/1974 S. 2696 = [12])
- [8] Becker: Ein aperiodischer quasiperiodischer Frequenzteiler
PTB-Mitteilungen 1/1973 Band 83 S. 13
- [9] Becker: Grundlagen der aperiodischen quasiperiodischen Frequenzsynthese
Frequenz 9/1973 S. 249 und 10/1973 S. 279
- [10] Schubert: Die Phasen-Differenzmethode
Funkschau 22/1970 S. 783 und 23/1970 S. 815
- [11] Bandfilterverstärker mit LC-Resonanzkreisen für DCF77
Laborinterne Entwicklung der PTB, Braunschweig, veröffentlicht z.B. im „Steinbergbrief“ Nr. 4
Sommer 1973, Herausgeber: Klaus Helmbrecht, DJ4JI, Schuhhof 4, 338 Goslar
- [12] Anmerkung zu: Datums- und Zeitangabe drahtlos empfangen
Funkschau 23/1974 S. 2696 (zu [7])
- [13] Siemens Halbleiterschaltbeispiele 1972/73 S. 196
- [14] Hetzel, Hübner: Der Zeitsignal- und Normalfrequenzsender DCF77
Vortrag CIC'74 (Sept. 1974, Stuttgart).
Erscheint im Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Chronometrie 1974/Band 25
- [15] Becker, Rohbeck: Ein Normalfrequenz-Quarzoszillator nachgesteuert von DCF77
Elektronik 2/1975, S. 73
- [16] Samide, Myska: DCF77 -Empfänger mit Zeitzeichenzusatz
Funktechnik 22/1974 S. 790
- [17] Becker, Hetzel: Aussendung und Empfang von PTB-Zeitzeichen über den Sender DCF77
Jahrbuch der dt. Gesellschaft für Chronometrie. Bd. 21/1970, S. V 1-1 bis V 1-12.

Bilderverzeichnis (Stand 6/2016)

Die Numerierung entspricht der Veröffentlichung in der Funkschau, neue Bilder wurden fortlaufend weiter numeriert (ab 39). Zustands-Markierung „neu“ bedeutet zusätzliches Bild gegenüber Funkschau-Artikel oder inhaltlich wesentlich verändert, „rev.“ bedeutet nur aktualisiert bzw. neu gezeichnet. „FS“ bedeutet, dass das Bild der Funkschau-Veröffentlichung zu entnehmen ist.

Nr.	Zust	Inhalt
1	rev.	Blockschaltbild Empfänger
2	rev.	Schaltung 7408 (Antennenverstärker, MFC4010A+MC3310P)
3	FS	Platine 7408 (MFC4010A)
4	FS	Bestückungsplan 7408 (MFC4010A)
2b	neu	Schaltung 7308 (Antennenverstärker, diskret)
3b	neu	Platine 7308-1
4b	neu	Bestückungsplan 7308-1
3c	neu	Platine 7408-2 (MFC4010A+MC3310P) DVL ABS
4c	neu	Bestückungsplan 7408-2 (MFC4010A+MC3310P)
5	rev.	Schaltung 7409 (Filterverstärker)
6	FS	Platine 7409
7	FS	Bestückungsplan 7409
8	FS	Schaltung 7401 (Sekunden-/Minuten-Dekoder)
9	FS	Platine 7401
10	FS	Bestückungsplan 7401
11	rev.	Schaltung 7402 (Diskriminator/Regelverstärker)
12	FS	Platine 7402
13	FS	Bestückungsplan 7402
14	rev.	Schaltung 7306 (Quarzoszillator/Teiler)
15	FS	Platine 7306
16	FS	Bestückungsplan 7306
17	rev.	Schaltung 7403 (Teiler/Shift)
18	rev.	Impulsplan -1 Impuls zu 7403
19	rev.	Impulsplan +1 Impuls zu 7403
20	FS	Platine 7403
21	FS	Bestückungsplan 7403
22a/b	rev.	Schaltung 7405 (Register/Auslesung)
23	FS	Platine ABS 7405
23	FS	Platine BS 7405
24	FS	Bestückungsplan 7405
25	rev.	Schaltung 7406 (Anzeige)
26	FS	Platine 7406

27	FS	Bestückungsplan 7406
28	rev.	Schaltung 7404 (Stromversorgung +5V)
29	FS	Platine 7404
30	FS	Bestückungsplan 7404
31	rev.	Schaltung Beleuchtungsspannung 7404
32	rev.	Schaltung 7303 (Stromversorgung $\pm 15V$)
33	FS	Platine 7303
34	FS	Bestückungsplan 7303
35	neu	Schaltung 7407 (Diverses)
36	neu	Verdrahtung
37	FS	Foto Gerät Innenaufbau (Draufsicht)
38	FS	Foto Gerät Gesamtansicht
39	neu	Digitales Minutenfilter 7601 Analogteil
40	neu	Digitales Minutenfilter 7601 Digitalteil
41	neu	Digitales Minutenfilter 7601 Pulsdiagramm
42	neu	Digitales Minutenfilter 7601 DVL BS/ABS
43	neu	Digitales Minutenfilter 7601 Bestückungsplan
44	neu	Zeichnung Front-/Rückseite des Gerätes
45	neu	Zeichnung Platineneinbau (Konstruktion)

Redaktionelle Anmerkungen:

Die invertierende Funktion von Signalen, die üblicherweise mit einem Strich über dem Symbol dargestellt wird, ist im Text mit einem Unterstrich markiert, z.B. Q.

Bei der üblichen „positiven Logik“ wird die Aktiv-Lage eines Signals mit H (high) festgelegt. Bei einem aktiv-low Signal (L) sollte daher der Signalname mit einem Querstrich (bzw. hier Unterstrich) dargestellt werden. In dem ursprünglichen Funkschau-Artikel (und den Bildern) war das nicht systematisch so verwendet worden. In diesem Dokument wird das jedoch berücksichtigt. Die Bilder werden angepasst, sobald sie neu erstellt werden. Meist ist ohnehin zusätzlich ein Impulssymbol angegeben, damit die Lage eindeutig ist.