

Vorwort

Dieser Artikel ist ein Auszug aus der detaillierten Beschreibung eines Gerätes zum Empfang des Zeitsignal- und Normalfrequenzsenders DCF77, das der Verfasser 1973-1975 gebaut hatte. Die hierauf aufbauende Funktionsbeschreibung und Bauanleitung wurde in der Zeitschrift Funkschau 1976 (Hefte 22-26) abgedruckt. Mit diesem Artikel soll nur das Konzept beschrieben werden, das möglicherweise auch heute noch eine gewisse Bedeutung haben könnte. Der technische Stand ist zwar von 1977, teilweise wurden aber aktuelle Anmerkungen eingefügt. Bild 1 wurde neu erstellt.

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. Im Anhang ist das Literaturverzeichnis der detaillierten Beschreibung (wie in der *Funkschau* abgedruckt) aufgeführt (Stand 1977).

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: Einerseits sind dadurch hochfrequente Störimpulse, die in den Empfänger gelangen und zu Fehlzählungen führen könnten, praktisch unwirksam; andererseits 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; jedoch wird er jeden 2. Dienstag im Monat zwischen 5 und 9 Uhr für Wartungsarbeiten abgeschaltet. (*Anmerkung: diese regelmäßige Abschaltung besteht seit Jahren nicht mehr; es können nur noch gelegentliche Pausen im Minutenbereich auftreten. Stand 21.06.2016*). Auch sonst ist mit gelegentlichen kurzzeitigen Senderausfällen 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 quarzgesteuerte, "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 ein. 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.

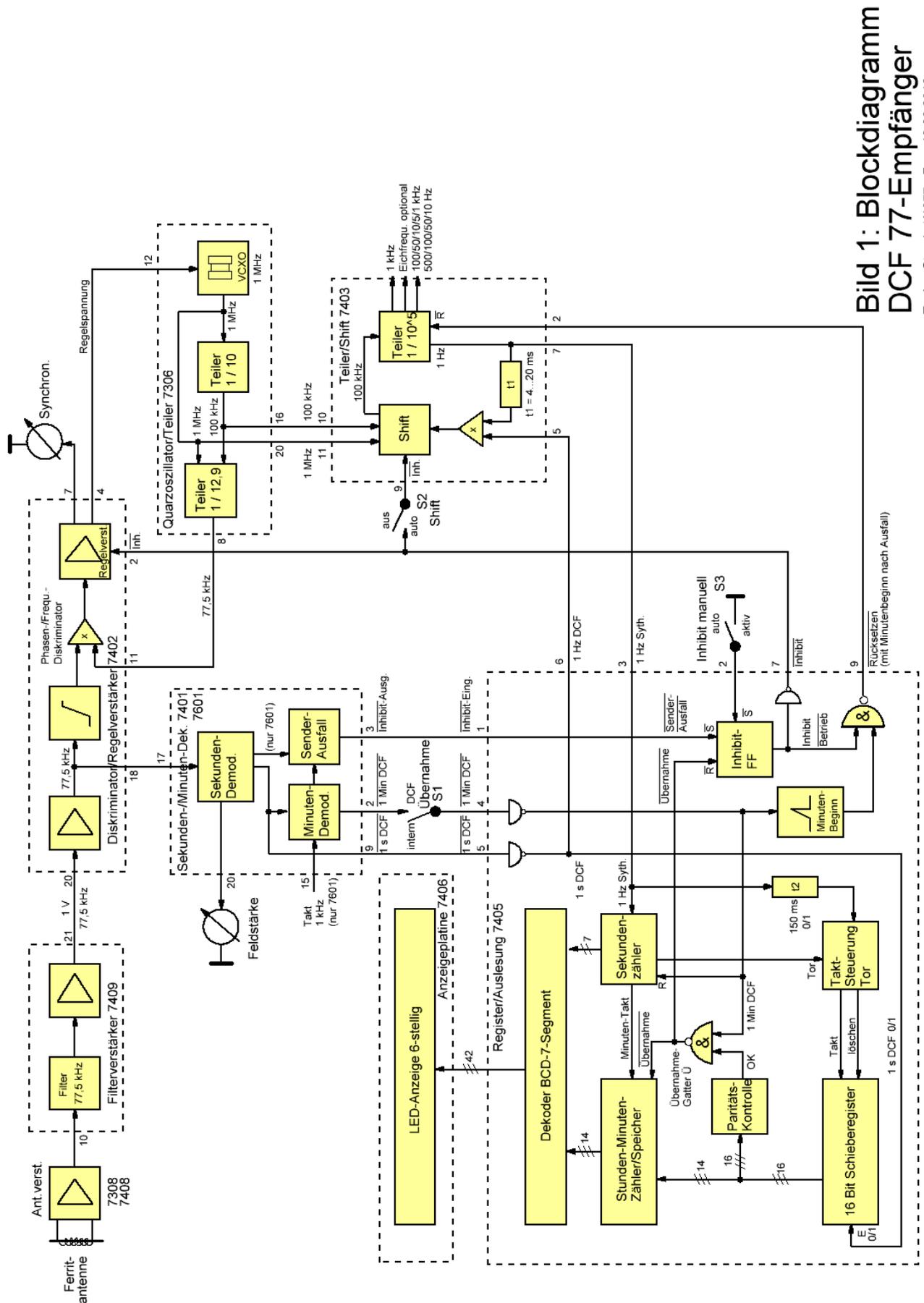


Bild 1: Blockdiagramm DCF 77-Empfänger

Techn. Stand: 4/1977 - Rev. 19.06.2016
 (C) Copyright Reinhard Weiß

Literatur:

- [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
- [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
- [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.