

Das Frequenznormal für den Funkamateurl MKII

Ewald Göbel DK2DB Wingertgasse 20 76228 Karlsruhe Tel. 0721/ 9453468

Stand: Januar 1999

Einleitung

Bei der 12. GHz Tagung in Dorsten [1] wurde ein Meßhilfsmittel zur Kalibrierung von Frequenzzählern vorgestellt. Damit konnte man, abgeleitet vom Träger eines Fernsehsenders, eine Genauigkeit von ca. 2×10^{-9} erreichen.

Schon damals wurde immer wieder gefragt, warum nicht DCF77, damit ist der Aufwand doch wesentlich geringer?

Es ist prinzipiell möglich, mit Hilfe des DCF77 eine Quarzsynchronisation durchzuführen; leider beschäftigen sich aber Autoren verschiedener Veröffentlichungen zu wenig mit den Möglichkeiten die der Sender DCF77 bietet und übersehen deshalb sehr schnell, daß nicht nur die interessierende Frequenz, sondern auch die Sekundentastung für die Zeitinformation (Amplitudenmodulation) sowie eine pseudozufällige Umtastung der Trägerphase (BPSK) zur Übertragung der Zeitinformation stattfindet. All diese Möglichkeiten würden bei richtiger Betrachtung entsprechende Schaltungen sehr aufwendig werden lassen. Meist ist die Regelzeitkonstante der verwendeten PLL viel zu kurz, was man durch Abhören der Oberwelle des synchronisierten Quarzes sehr leicht nachweisen kann.

Von der Physikalisch Technischen Bundesanstalt in Braunschweig gibt es immer wieder neue Informationen über DCF77.

Mein Dank gilt Dr. Peter Hetzel, Mitarbeiter bei der PTB in Braunschweig, für seine ausführlichen Berichte im Sonderdruck "Zeitinformationen und Normalfrequenz". In diesen Sonderdrucken wird ausführlich erläutert, warum u.a. bei jeder Sekundentastung für die Dauer von 250 μ S der Träger auf Null getastet wird und erst danach die Restamplitude von 25% des Maximalwertes annimmt. Daß dies Auswirkungen auf einige „Einfach-synchronisationsschaltungen“ hat, dürfte spätestens jetzt den meisten klar werden.

Durch zwei Artikel [2] "Normalfrequenz aus dem FBAS-Signal des ZDF" von Dr. Peter Hetzel sowie "Impulssystem des ZDF zur Taktversorgung des Sendezentrums" von Günter König erfuhr ich erstmals von den Genauigkeiten des ZDF-Signals und den sich daraus ergebenden Möglichkeiten.

In der Taktzentrale des ZDF in Mainz ist ein vom Normalfrequenzsender DCF77 automatisch nachgesteuertes Rubidium-Atomfrequenznormal eingesetzt, aus dem das FBAS-Signal mit einer Unsicherheit kleiner als 1×10^{-11} abgeleitet wird. Dokumentiert wird die Normalfrequenz des ZDF im wöchentlich erscheinenden "PTB Time Service Bulletin". Hier wird einmal täglich die Zeitdifferenz zwischen den Sekundenimpulsen der Zeitskala UTC und dem jeweils nächstfolgenden in Braunschweig vom Sender Uelzen empfangenen Bildsynchronimpuls gemessen. Diese Abweichungen sind jedoch für die weiteren Betrachtungen hier nicht relevant.

In der ehemaligen DDR hat die Normalfrequenzweitergabe durch frequenzstabilisierte Synchronimpulse des Fernsehens der DDR zur Versorgung von Zeit und Frequenzinformation eine wichtige Rolle gespielt. Aufgrund der guten Erfahrungen mit diesem "Fernsehverfahren" und um die Kontinuität der Normalfrequenzweitergabe nach dem Beitritt zur Bundesrepublik in den neuen Bundesländern zu sichern, wandten sich 1990 die Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB) gemeinsam mit dem damals noch existierenden Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung (ASMW) der DDR an das Zweite Deutsche Fernsehen (ZDF), um nach der Einstellung des DDR-Fernsehens die Weiterverwendung des Verfahrens durch das Sendernetz des ZDF zu ermöglichen.

Auf Grund der zentralen Struktur und der gegebenen Technik waren die Voraussetzungen für die Aussendung eines frequenzstabilisierten Fernsehsignals für die gesamte Bundesrepublik, und über ASTRA in ganz Europa, durch das ZDF vorhanden.

In der Taktzentrale des ZDF mußten nur ein Signalgenerator ersetzt und das ohnehin vorhandene von DCF77 nachgeregelte Rubidium-Atomfrequenznormal neu justiert werden. Durch das Entgegenkommen des ZDF wird seit Frühjahr 1991 vom ZDF ein an die PTB-Normalfrequenz angeschlossenes FBAS-Signal ausgesendet, das als Bezugssignal für Frequenzvergleiche örtlicher Normalfrequenzgeneratoren verwendet werden kann.

Es werden hierbei nicht nur die Synchronimpulse vom Rubidium-Frequenznormal abgeleitet, sondern ebenfalls der Farbhilfsträger, der nach CCIR-Standard eine Frequenz von 4,43361875 MHz +/- 1 Hz haben soll, wird damit entsprechend genauer realisiert.

Zum Empfang wird entweder ein handelsüblicher Fernsehempfänger oder ein ASTRA-Empfänger mit FBAS (BAS)-Ausgang verwendet.

Was ist ein Videosignal ?

Zur kurzen Einführung über Videosignale ist in Bild 1 das Timing um den Vertikal-synchronimpuls dargestellt; d.h., ein Vollbild dauert jeweils 40 ms und beinhaltet 625 Zeilen mit einer Länge von 64 µs. In Bild 2 ist ein Zeilensynchronimpuls zu sehen.

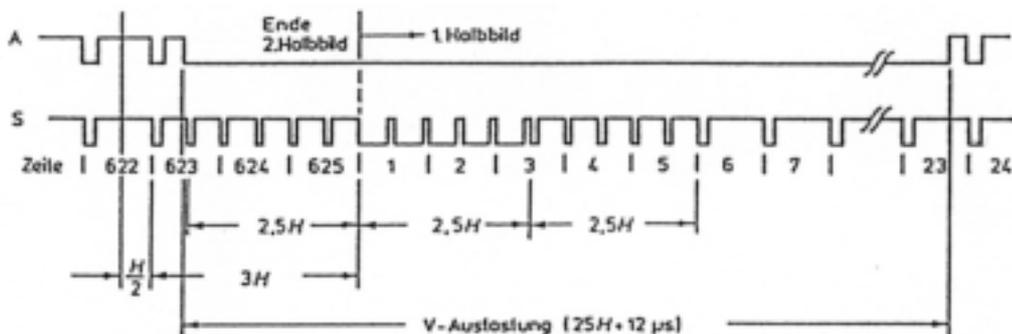


Bild 1: Vertikalsynchronimpuls

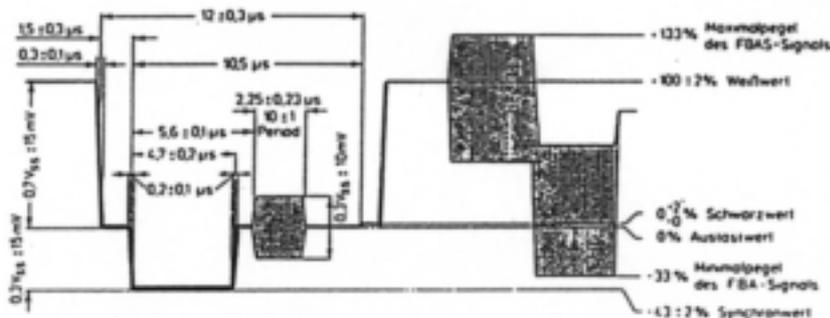


Bild 2: Horizontalsynchronimpuls

In Bild 1 sind bei entsprechend gedehnter Darstellung um den Vertikalsynchronimpuls Pulse mit einer Zeitdauer von 32 µs, sogenannte Trabanten, zu erkennen. Diese sind für Fernsehempfänger dafür notwendig, daß während der Zeit des Vertikalimpulses der Horizontaloszillator synchron weiter arbeitet und bei jedem Bildbeginn die PLL des Horizontaloszillators im Fernseher immer eingeschwungen bleibt.

In Bild 2 sieht man eine komplette Zeile. Vor Beginn des Synchronimpulses ist die vordere Schwarzschulter mit einer Länge von ca. $1,5 \mu\text{s}$, nach dem Synchronimpuls die hintere Schwarzschulter mit einer Länge von ca. $5,8 \mu\text{s}$ zu erkennen. Der Synchronimpuls selbst hat eine Länge von ca. $4,7 \mu\text{s}$, so daß für den eigentlich sichtbaren Bereich nur ca. $52 \mu\text{s}$ übrig bleiben. Kurz vor Ende der hinteren Schwarzschulter ist der beim verwendeten PAL-System typische Farbhilfsträger, auch BURST genannt, zu sehen. Der Bildinhalt dieser Zeile ist durch weiß und schwarz gekennzeichnet. Diese Erläuterungen sind notwendig, um die Funktion der anschließend beschriebenen Schaltung zu verstehen.

Die Gesamtamplitude eines solchen FBAS-Signals beträgt normalerweise $1V_{ss}$ bei 75 Ohm Abschluß, bei älteren ASTRA-Empfängern ist es möglich, daß dieses Signal nur ca. 700mV_{ss} beträgt und sollte deshalb mit einer Verstärkerstufe auf Normpegel verstärkt werden.

Aus diesem Videosignalgemisch muß nun der Synchronimpuls für die Weiterverarbeitung abgetrennt werden.

Schaltungsbeschreibung

In Bild 3 ist zunächst das Blockschaltbild der Frequenznormalbaugruppe zu sehen. Am FBAS-Eingang wird das vom Fernseh- oder ASTRA-Empfänger kommende Videosignal angeschlossen. Mit Br1 kann ein hochohmiger oder ein angepaßter 75 Ohm -Eingang gewählt werden. Im Amplitudensieb werden die Synchronimpulse vom Bildinhalt des Videosignals befreit. Der Eingangspegel soll minimal $1V_{ss}$ sein, wobei für das Amplitudensieb (LM1881) [3] nur die Amplitude des Synchronimpulses interessiert. Der Synchronimpuls hat normalerweise eine Amplitude von 300 mV , sollte aber mindestens 270 mV betragen, da sonst das Amplitudensieb die Sync's nicht immer richtig detektiert.

Ebenso steht als Ausgangssignal das im 20 mS -Takt kommende Signal über das erste- und zweite Halbbild zur Verfügung. Damit wird im darauffolgenden retriggerbaren Monoflop bei vorhandenem Videosignal das Loopfilter mit einem Anlogschalter (4066) auf den Phasenkomperator geschaltet und es leuchtet eine Leuchtdiode (intern und/oder extern) als Eingangssignalkontrolle. Ohne Eingangssignal wird eine Gleichspannung statt der Regelspannung, zum Abgleich des Oszillators mit C8 auf Sollfrequenz im nichtsynchronisierten Betrieb, geschaltet.

In einem nicht retriggerbaren Monoflop werden die Trabanten im Synchronsignal ausgetastet, so daß am Phasenkomperator (4046) nur die zum Phasenvergleich benötigten $15,625 \text{ kHz}$ ohne Trabanten anstehen.

Als Quarzoszillator wird im Gegensatz zur Version I des Frequenznormals eine Transistorschaltung mit einem Colpitts-Oszillator eingesetzt. Dadurch konnte die Kurzzeitstabilität sowie die Frequenzdrift im nichtsynchronisierten Mode verbessert werden.

Der Oszillator wird durch einen nachfolgenden Emitterfolger vom Schmitt-Trigger entkoppelt. Das Oszillatorsignal steht über ein C-MOS-Gatter als Ausgangssignal zur Verfügung.

Um von einem 10 MHz -Oszillator auf $15,625 \text{ kHz}$ zu kommen, wird ein Teiler durch 640 benötigt. Dieser Teiler wird in der vorliegenden Schaltung mit einem programmierbaren Low-Power-Gate-Array gemacht.

Das Loopfilter der PLL ist so optimiert, daß kurzzeitige Störungen im Videosignal nicht zum Ausrasten der PLL führen. Die Einschwingzeit beträgt ca. 20 Sekunden .

In Bild 4 ist das Schaltbild der Frequenznormalbaugruppe zu sehen. Da die einzelnen Blöcke identisch zu denen im Blockschaltbild sind, ist hier keine weitere Erläuterung zur Funktion notwendig.

Die Baugruppe ist mit Ausnahme des Quarzes komplett in SMD auf einer durchkontaktierten Leiterplatte aufgebaut. Die Unterseite der Platine ist dabei als Gesamtmassefläche ausgeführt. Das in Bild 4 gezeigte Schaltbild sowie der Bestückungsplan in Bild 5 zeigt den Aufbau der Platine.

Die Platinenabmessungen betragen 53,5 x 72 mm, so daß die Baugruppe in ein entsprechendes Weißblechgehäuse eingelötet werden kann. Als Buchsen können BNC-Buchsen oder beliebig andere verwendet werden, je nach "Hausnorm".

In Bild 6 ist die komplette Anschlußbelegung der Baugruppe zu erkennen.

Als Versorgungsspannung werden 9 bis 18 V DC benötigt, da ein eingebauter Spannungsregler die Stabilisierung auf 5 V übernimmt. Die Stromaufnahme beträgt ca. 40 mA.

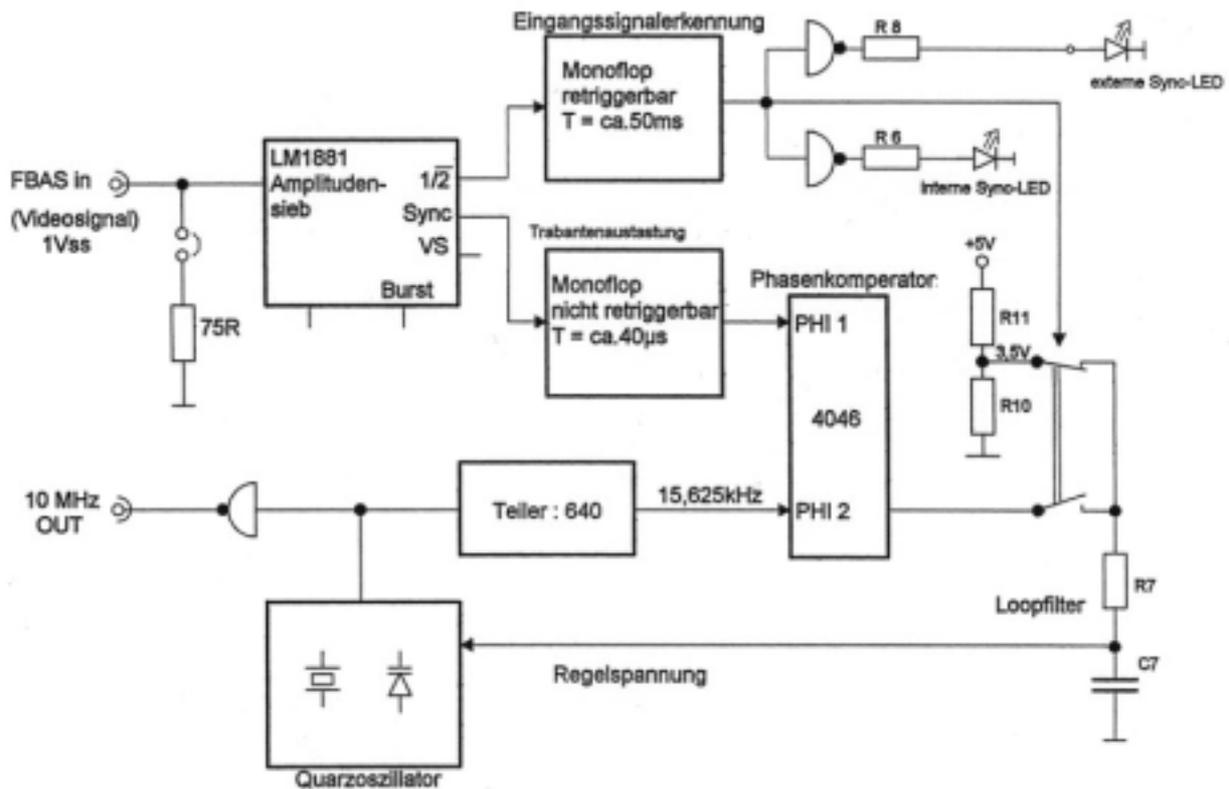


Bild3: Blockschaltbild der Frequenznormal-Baugruppe

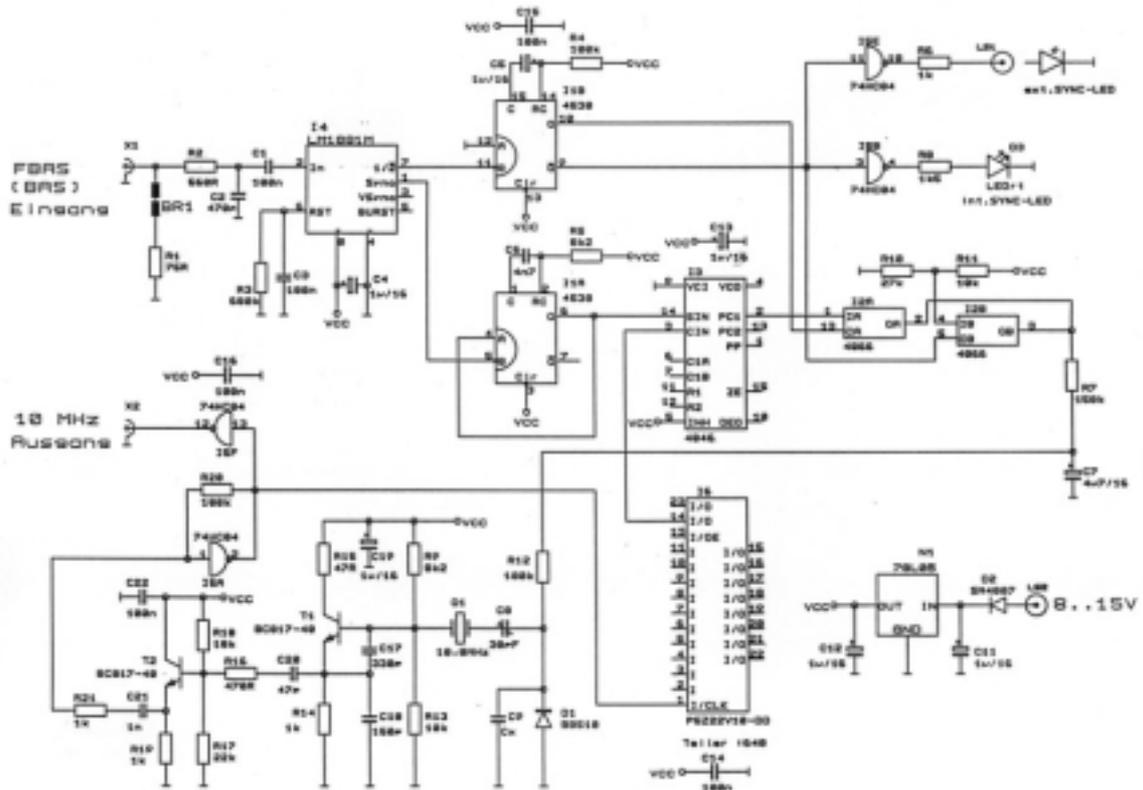


Bild 5: Schaltplan der Frequenznormal-Baugruppe.

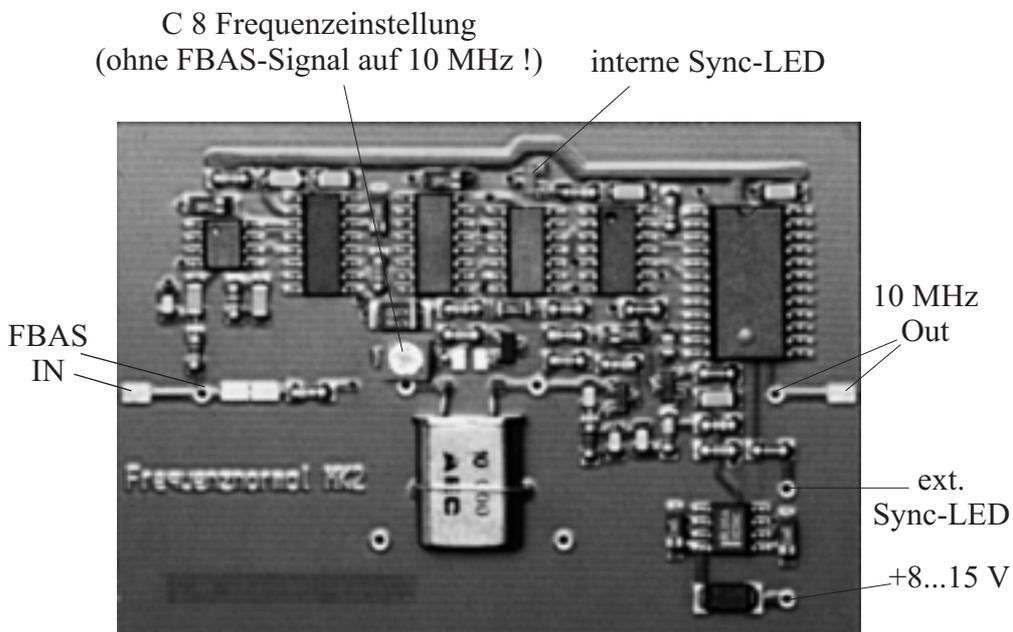


Bild 6: Anschlußplan der Frequenznormal-Baugruppe

Zusammenfassung

Da beim Verfasser ein genauer Frequenzzähler zur Verfügung steht, wurden verschiedene Fernsehsender gemessen, damit man die Genauigkeitsunterschiede erkennen kann. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse.

Die Messungen wurden jeweils mit 10 Sekunden Torzeit durchgeführt und die Mittelwerte von 10 aufeinanderfolgenden Messungen berechnet, so daß der Digitalisierungsfehler eliminiert werden konnte.

	März 1994	Januar 1999
ZDF	0	0
ARD	1×10^{-8}	0
3SAT	----	0
RTL	52×10^{-8}	34×10^{-8}
SAT1	46×10^{-8}	-47×10^{-8}
PRO7	-160×10^{-8}	0
RTL2	200×10^{-8}	-422×10^{-8}
N3	-12×10^{-8}	2×10^{-8}
VOX	-120×10^{-8}	68×10^{-8}
DSF	-120×10^{-8}	-64×10^{-8}
Premiere	-5×10^{-8}	-11×10^{-8}

Tabelle 1: Genauigkeiten verschiedener Fernsehsender

VORSICHT! Bei alten Fernsehempfängern besteht die Gefahr, daß das Chassis auf Netzpotential liegt!

Literatur

- [1] Tagungsscriptum 12. GHz-Tagung in Dorsten
DK2DB Meßhilfsmittel zur Kalibrierung von
Frequenzzählern
- [2] Fernseh- und Kinotechnik 1-2/1994
Dr.P.Hetzel Normalfrequenz aus dem FBAS-Signal des ZDF
Günter König Impulssystem des ZDF
- [3] NS (National Semiconductor) Datenblatt LM 1881