

Hoher Störabstand, extrem kurze Umschaltzeiten, verzerrungsfreies Umsetzen jeder Modulation in die Ausgangsfrequenz und die Möglichkeit der Fernbedienung sind einige der Merkmale, durch die sich eine neue, ausschließlich mit Silizium-Halbleitern bestückte Steuerstufe von Rohde & Schwarz auszeichnet.

Dekadische Steuerstufe NO 280

Die moderne drahtlose Nachrichtenübermittlung im Kurzwellengebiet erreicht durch neuartige Modulationsverfahren bei geringer Übertragungsbandbreite und zum Teil eingeschränkter Senderleistung große Übertragungssicherheit. An die Qualität der Sendeeinrichtungen werden dadurch erhöhte Anforderungen gestellt. Senderseitig hält die Steuerstufe die Trägerfrequenz auf Bruchteile der Bandbreite konstant und übernimmt die Einmischung der Modulation.

Eine Neuentwicklung auf diesem Gebiet ist die Dekadische Steuerstufe NO 280, die neben der Fre-

quenzgenauigkeit und der Modulationsmöglichkeit auch den anderen zur Zeit bestehenden Forderungen der Sendetechnik gerecht wird – zum Beispiel hoher Nebenwellen- und Rauschabstand und elektronisch fernbedienbare Frequenzeinstellung mit kurzer Umschaltzeit (Bild 1).

Diese Eigenschaften verlangen ein Frequenzsyntheseverfahren – die Zusammensetzung der Ausgangsfrequenz in Mischer- und Filteranordnungen aus mehreren, von einer Steuerfrequenz abgeleiteten, meist dekadisch gestuften Frequenzen. Die Steuerfrequenz erzeugt ein quarzstabilisierter Oszillator.

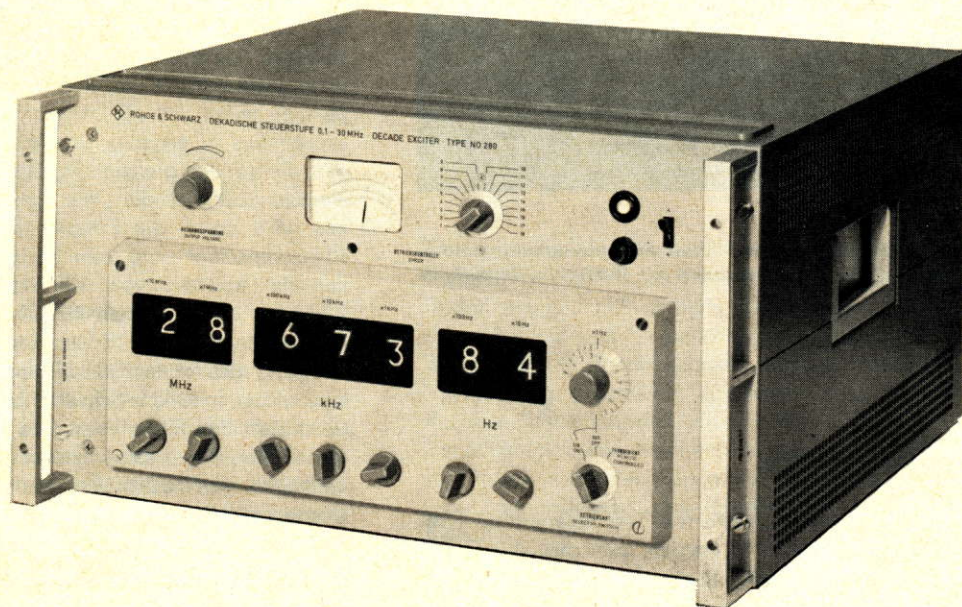


Bild 1
Dekadische Steuerstufe NO 280.
Foto 15196

Über den kleinsten dekadisch einstellbaren Frequenzschritt kann mit einem durchstimmbaren LC-Oszillator interpoliert werden. Der naturgemäß größere relative Fehler dieses Oszillators geht entsprechend seinem kleinen Anteil an der Ausgangsfrequenz nur gering ein, so daß sich durch geeignete Auslegung eine Gesamtgenauigkeit erreichen läßt, die allen Anforderungen genügt.

Das bei der Steuerstufe NO 280 benutzte Syntheseverfahren arbeitet mit fest abgestimmten Filtern und ohne Hilfsoszillatoren. Alle schmalbandigen Bandpässe befinden sich stets im eingeschwungenen Zustand. Die Frequenzeinstellung übernehmen elektronische HF-Schalter. Auf diese Weise läßt sich die kurze Umschaltzeit von maximal $100 \mu\text{s}$ für den Frequenzwechsel erreichen. Einen typischen Meßwert zeigt Bild 2. Bei der Auslegung des Frequenzplanes legte man darauf Wert, daß einerseits nur störende Mischprodukte sehr hoher Ordnung in den Durchlaßbereich der Filter fallen, andererseits die Vervielfachungsfaktoren bei der Erzeugung der Festfrequenzen so klein wie möglich sind. Damit wurde ein hoher Nebenwellenabstand von größer als 100 dB und auch ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis von größer als 100 dB im Abstand von 100 Hz bei 1 Hz Meßbandbreite erreicht.

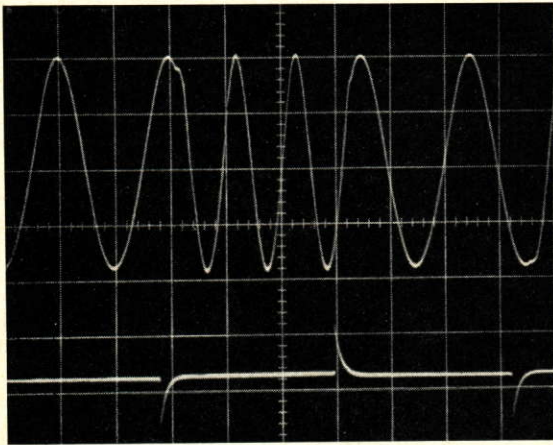


Bild 2 Schirmbildaufnahme eines Frequenzwechsels zwischen 10,005 und 10,009 MHz, umgesetzt mit 10,000 MHz. Zeitmaßstab $100 \mu\text{s}/\text{cm}$.

Wirkungsweise

Von dem quarzstabilisierten Steuergenerator (Genauigkeitsklasse 10^{-9}) werden zunächst durch Teilung und Vervielfachung die Grundfrequenzen 0,1; 1 und 10 MHz abgeleitet, aus denen die nachfolgen-

den Vervielfacher zehn nebeneinander liegende Oberwellen und einige feste Hilfsfrequenzen erzeugen (Bild 3). Jede Oberwelle durchläuft ein schmales Bandfilter, das Nebenwellen um mehr als 100 dB unterdrückt. Die zur Auswahl der Oberwellen erforderlichen elektronischen Schalter besitzen ein Ein-Aus-Verhältnis von etwa 120 dB. Sie sind jeweils einem Umsetzer zugeordnet.

Die Schalter für die 1-MHz-Schritte und 10-MHz-Schritte liegen vor den entsprechenden Vervielfachern, da sie bei der tieferen Frequenz besser realisierbar sind. Die Anordnung ist zulässig, weil diese Frequenzen, im Gegensatz zu den 0,1-MHz-Vielfachen 1,3 bis 2,2 MHz, nicht gleichzeitig benutzt werden. Überdies sind durch die größere absolute Bandbreite ihrer Filter, die Einschwingzeiten ohne Bedeutung.

Der Aufbau der Ausgangsfrequenz erfolgt in einer Kette von Umsetzern, wobei jeder Dezimalstelle ein Umsetzer zugeordnet ist. Als Interpolation zwischen den Festfrequenzschritten wird in jedem Umsetzer die Ausgangsfrequenz des vorhergehenden verwendet. So entsteht das Ausgangssignal (0,1 bis 30 MHz) im 10-MHz-Umsetzer als Differenz aus einer der drei 10-MHz-Festfrequenzen (170, 180, 190 MHz) und der Interpolationsfrequenz (160 bis 170 MHz) aus dem 1-MHz-Umsetzer. Dieser addiert wiederum eine der zehn Festfrequenzen (141 bis 150 MHz) mit seiner Interpolationsfrequenz (19 bis 20 MHz). Um mit einer geringeren Anzahl von Vervielfachern auszukommen, werden die 1-MHz-Festfrequenzen aus zwei umschaltbaren Anteilen zusammengesetzt: $(16 \text{ bis } 19) + 125 = (141 \text{ bis } 144)$ und $(15 \text{ bis } 20) + 130 = (145 \text{ bis } 150)$.

In gleicher Weise arbeiten auch die Umsetzer für die 10-Hz-Schritte bis 100-kHz-Schritte, bei denen sich Interpolation und Ausgang in der Frequenzlage wie 1:10 verhalten (1,7 bis 1,8 MHz und 17 bis 18 MHz). Aus diesem Grund ist es möglich, die Ausgangsfrequenz des vorhergehenden Umsetzers durch zehn zu teilen und als Interpolation des nächsten zu verwenden. Es ergeben sich lauter gleiche Baugruppen, die mit den gleichen Festfrequenzen angesteuert werden. Lediglich die „Wertigkeit“ der Festfrequenzen wird durch die Frequenzteiler verändert. Der 10-Hz-Umsetzer wird zum Beispiel mit Festfrequenzen im Abstand von 100 kHz gespeist (1,3 bis 2,2 MHz), die in seinen beiden Mischstufen in die Frequenzlage 17 bis 18 MHz umgesetzt werden. Am Ausgang des ersten 10:1-Teilers (1,7 bis 1,8 MHz) sind daraus 10-kHz-Schritte geworden. Insgesamt durchläuft das Signal aus dem 10-Hz-Umsetzer vier 10:1-Teiler. Das entspricht einem gesamten Teilungsverhältnis von 10000. Aus den 100000-Hz-Schritten werden also 10-Hz-Schritte.

Zur kontinuierlichen Interpolation über den kleinsten dekadischen Schritt (10 Hz) dient ein durchstimm-

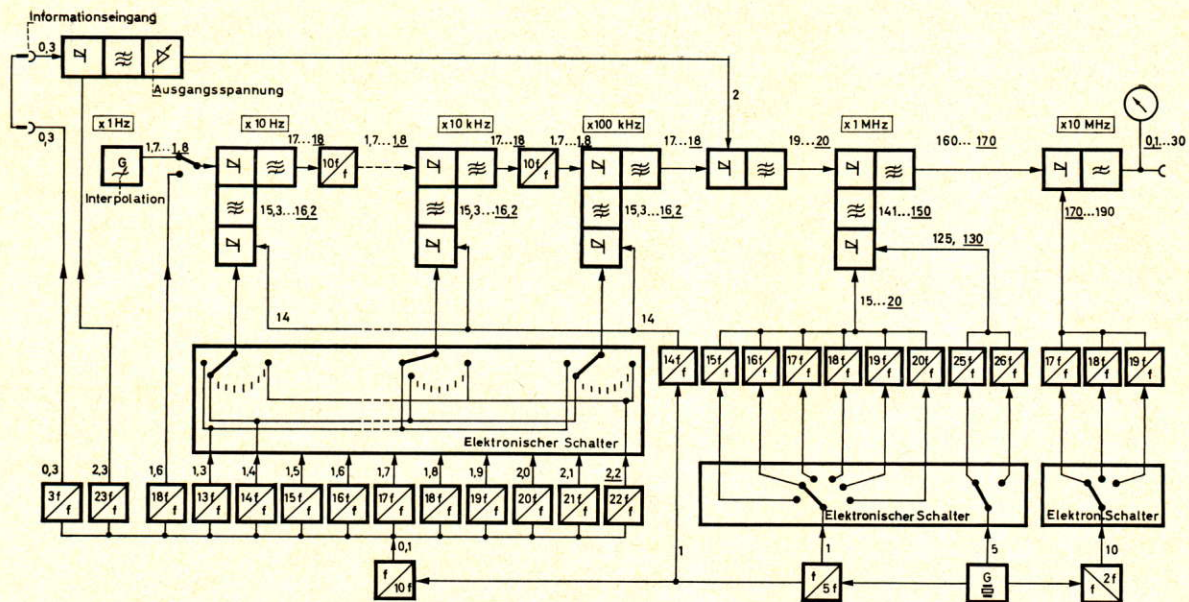


Bild 3 Vereinfachte Blockschaltung der Dekadischen Steuerstufe NO 280. Alle Frequenzangaben in MHz. Die unterstrichenen Werte entsprechen jeweils der Stellung „0“.

barer Oszillator, der durch eine 1,8-MHz-Festfrequenz ersetzt werden kann. Die in 10-Hz-Schritten einstellbare Ausgangsfrequenz besitzt dann die volle Genauigkeit des Steuergenerators. In dieser Betriebsart ist die Frequenzeinstellung fernbedienbar.

Zwischen dem 100-kHz-Umsetzer und dem 1-MHz-Umsetzer liegt der Informationseingang. Er besitzt eine Mittenfrequenz von 300 kHz und eine Bandbreite von 20 kHz. Alle Filter und Mischstufen im Modulationsweg setzen jede angebotene Modulation verzerrungsfrei in die Ausgangs-Frequenzlage um. Die linearen Verzerrungen sind kleiner als 1,5 dB; die nichtlinearen Verzerrungen liegen bei Doppeltonaussteuerung (Amplitudenverhältnis 1:1, Ausgangsleistung 100 mW PEP), bezogen auf ein Signal, unter -50 dB.

Aufbau und Bedienung

Das Gerät, an dessen Rückseite sich alle Ein- und Ausgänge befinden, ist als 19-Zoll-Einschub ausgeführt. Der dekadisch eingestellte Frequenzanteil wird an sieben nebeneinander stehenden Leuchtziffernröhren—auch bei fernbedientem Betrieb—angezeigt. Die Fernbedienung der Frequenzeinstellung erfolgt über eine Mehrfachverbindung in einem „1 aus 10“-Code für jede Dezimalstelle. Öffnungs- und Schließungs-Widerstände sind so ausgelegt, daß sowohl

bei geringer Entfernung ohne Umcodierung über Kabel und Schalter, als auch über große Entfernung mit dem Ausgang einer mit Halbleitern bestückten Fernwirkeinrichtung angesteuert werden kann.

Zur Betriebskontrolle ist ein hochohmiges Verstärkervoltmeter eingebaut. Hiermit können alle wichtigen Hochfrequenz- und Gleichspannungspegel gemessen und etwaige Fehler rasch eingekreist werden.

Die einzelnen Baugruppen sind zur Einhaltung des hohen Nebenwellenabstandes außerordentlich gut geschirmt. Damit ist das Gerät auch unempfindlich gegen äußere Störfelder, wie sie besonders in der Nähe großer Sender auftreten.

Das gesamte Gerät ist ausschließlich mit Silizium-Halbleitern bestückt. Im Frequenzbereich bis 50 MHz finden weitgehend geätzte Schaltungen Verwendung. Bei höheren Frequenzen sind die Baugruppen als versilberte Messingchassis mit konventioneller Verdrahtung ausgeführt. Sie lassen sich aus dem Rahmen herausklappen, ohne daß die elektrischen Verbindungen unterbrochen werden, und gewährleisten somit trotz der kompakten Konstruktion eine gute Zugänglichkeit aller Bauelemente für Servicearbeiten.

Ch. Krause