

Der NF-Synthesizer SSN erzeugt quartzgenaue Frequenzen von 0,01 Hz bis 120 kHz (Sinus, Dreieck) und darüber hinaus Rechtecksignale bis 1,2 MHz. Die schnelle Frequenzumschaltung, lineare und logarithmische Pegelinstellung und nicht zuletzt die Programmierbarkeit und absolute Wartungsfreiheit machen den SSN zu einem universell einsetzbaren Meßsender.

Programmierbarer NF-Synthesizer SSN

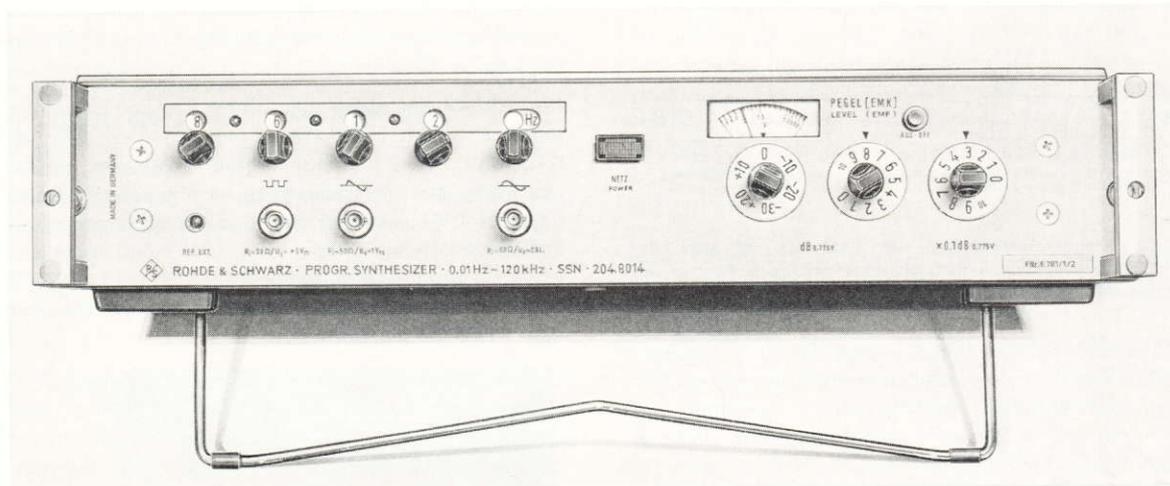


Bild 1 Programmierbarer Synthesizer SSN für 0,01 bis 120 kHz (1,2 MHz).

Foto 20 608

Digital programmierbare NF-Generatoren lassen sich in zwei Gruppen aufteilen, und zwar in die der RC- und Funktionsgeneratoren und in die der Synthesizer. **RC- und Funktionsgeneratoren** sind einfach aufgebaut und deshalb relativ preisgünstig. Außerdem können letztere verschiedene Kurvenformen erzeugen. Nachteilig ist jedoch die für viele Anwendungsfälle unzureichende Frequenzgenauigkeit. **Synthesizer** dagegen sind quartzgenaue Generatoren mit extrem hoher Frequenzauflösung und -genauigkeit, die infolgedessen sehr aufwendig und teuer sind. Nachteilig auf den Preis wirkt sich auch aus, daß der Frequenzbereich dieser Geräte meist weit über das benötigte NF-Gebiet hinausgeht.

Es lag deshalb nahe, einen speziellen NF-Synthesizer zu konzipieren, der einmal in seinen Eigenschaften und damit auch im Preis zwischen den zu ungenauen Funktionsgeneratoren und den zu teuren Universal-synthesizern liegt und zum anderen nicht nur einfache Frequenzen erzeugt, sondern mit allen Funktionen und Eigenschaften ausgestattet ist, die ihn zu einem vollwertigen Meßsender machen. Aus dieser Überlegung heraus entstand der NF-Synthesizer SSN (Bild 1).

Eigenschaften

Der SSN erzeugt quartzgenaue Frequenzen von 0,01 Hz bis 1,2 MHz, die sich jeweils auf vier Stellen genau einstellen lassen. Die Wertigkeit der Stellen wird dabei durch einen Dekadenschalter festgelegt. Der Frequenzbereich bis 1,2 MHz kommt dadurch zustande, daß beim SSN die Frequenzwahlschalter zwölfstufig sind und somit bei jeder Stelle die Zahlen 0 bis 11 im Anzeigefenster erscheinen können (genau genommen reicht die Frequenz also bis 1,2221 MHz). Die absolute Auflösung der Frequenzeinstellung hängt von der Stellung des Dekadenschalters ab, während die relative Auflösung konstant bleibt. Im Bereich 100 kHz bis 1,2 MHz beträgt die absolute Auflösung beispielsweise 100 Hz und im untersten Bereich (10 bis 100 mHz) 0,01 mHz.

Die konstante relative Auflösung ist eine Folge des im SSN angewendeten **Dekadenteilerprinzips**. Es ermöglicht eine besonders wirtschaftliche Art der Frequenzaufbereitung: Die eigentliche Frequenzsynthese findet nur im Bereich einer Dekade statt; die übrigen Frequenzbereiche werden durch dekadisches Teilen erzeugt. Dieses Verfahren wird in einfachen Geräten

häufig angewendet, hat dort aber immer den Nachteil der aufwendigen Bedienung. Ohne Betätigen des Dekadenschalters läßt sich die Frequenz maximal um einen Zehnerfaktor variieren. Man erkennt diesen Nachteil sofort daran, daß der erste Ziffernschalter der Frequenzeinstellung nicht auf Null zu stellen ist. Jedesmal, wenn die Frequenz eine Zehnerpotenz über- oder unterschreitet, müssen der Dekadenschalter umgeschaltet und alle Ziffern um eine Stelle verschoben werden (Bild 2 links).

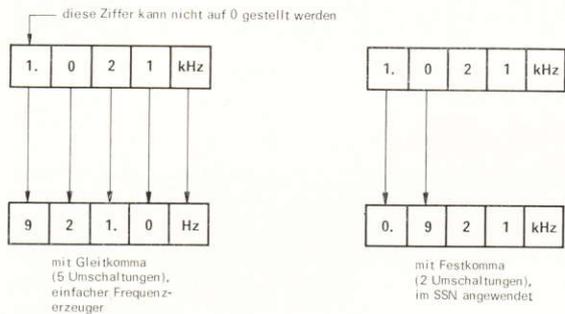


Bild 2 Frequenzumschaltung von 1,021 kHz auf 0,921 kHz. Links: mit Gleitkomma (fünf Umschaltvorgänge). Rechts: mit Festkomma (zwei Umschaltvorgänge).

Um diese unnötige Bedienungsarbeit zu vermeiden, enthält der SSN einen **Stellenwertrechner**, der geräteintern den richtigen Dekadenbereich auswählt und die Frequenz in diesen Bereich verschiebt. Dadurch erhöht sich der ohne Dekadenumstellung ausnutzbare Frequenzbereich von 1:10 auf 1:10000 (bei Ausnutzung der Bereichsüberlappung 1:12000); das bedeutet, daß sich alle Zahlen zwischen 1 und 12000 mit festem Komma einstellen lassen (Bild 2 rechts). Beim SSN sind auf diese Weise Frequenzeinstellung mit Gleit- und Festkomma ideal miteinander kombiniert. Der Stellenwertrechner dient gleichzeitig zur Kontrolle der Frequenzeinstellung: Wurde ein Wert unterhalb der Grenzfrequenz 0,01 Hz eingestellt, wird dies durch Blinken der Kommalampen angezeigt.

Die Ausgangsfrequenz des SSN hat bei Betrieb mit dem eingebauten Quarz einen relativen Fehler von $2 \cdot 10^{-5}$. Durch eine externe Referenzfrequenz, die an der Geräterückseite über eine BNC-Buchse einge-

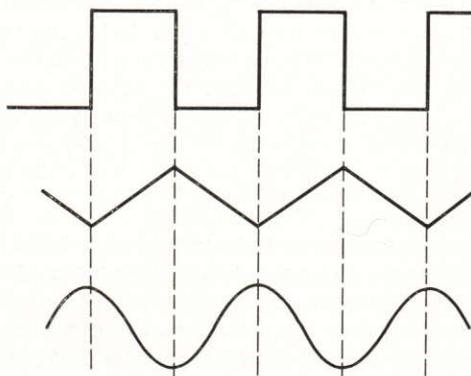


Bild 3 Phasenlage der drei Ausgangsspannungen des SSN.

speist wird, kann er entsprechend verringert werden. Bei Umschaltung auf internen Quarzbetrieb liegt an derselben Buchse das Signal des eingebauten Quarzes. Dadurch ist es möglich, mehrere SSN aus dieser Buchse parallel zu speisen, das heißt, alle werden mit dem Quarz eines einzigen Gerätes synchronisiert und bilden zusammen ein Generatorsystem mit phasenstarr, aber nicht phasengleich gekoppelten Ausgangssignalen.

Die erzeugten Frequenzen stehen bis 120 kHz an drei parallelen Ausgängen als Sinus-, Dreieck- und Rechtecksignal zur Verfügung. Im Frequenzbereich 120 kHz bis 1,2 MHz wird nur eine Rechteckspannung erzeugt. Die drei Ausgangsspannungen haben zueinander genau definierte Phasenlagen: Sinus und Dreieck sind um 180° gegeneinander verschoben, Sinus und Rechteck um 90° (Bild 3).

Der **Rechteckausgang** hat einen fest eingestellten Pegel. Er schaltet zwischen 0 und +5 V, so daß sich DTL- und TTL-Schaltungen direkt ansteuern lassen. Der Pegel am **Dreieckausgang** ist ebenfalls fest eingestellt (1 V), während der des **Sinusaussgangs** an drei Schaltern in 10-dB-, 1-dB- und 0,1-dB-Schritten variiert werden kann (geeicht in dB über 0,775 V Leerlaufspannung). Der Einstellbereich reicht von $U_{\text{eff}} = 7,75 \text{ mV}$ bis etwa 6 V.

Die **logarithmische PegelEinstellung** ist neu beim SSN. Bisher war sie bei NF-Generatoren nicht üblich, weil sie schaltungstechnisch mehr Schwierigkeiten bereitet als die lineare. Meßtechnisch ist aber die logarithmische Einstellbarkeit wesentlich vorteilhafter, denn die meisten Pegelkurven werden im logarithmischen Maßstab angegeben.

Um allen Anforderungen gerecht zu werden, enthält das Gerät noch eine zusätzliche Einrichtung, die den jeweils in dB eingestellten Pegel auch in Volt anzeigt. Eine Skala und ein Zeiger sind mechanisch mit dem 10-dB- und dem 1-dB-Einstellknopf gekoppelt und werden beim Umschalten auf den richtigen Spannungswert eingestellt. Die Anordnung entspricht in ihrer Wirkungsweise einer Rechenscheibe mit drehbarem Läufer.

Eine Drucktaste gestattet es, den Sinuspegel auf 0 zu tasten. Bei Frequenzen unter 10 Hz werden mit der Taste außerdem Sinus, Dreieck und Rechteck gleichzeitig auf einen definierten Anfangspunkt gebracht, so daß sich die Taste zum Triggern verwenden läßt.

Der Synthesizer ist **voll programmierbar**: sämtliche Funktionen und Einstellungen des Gerätes sind also fernsteuerbar, und zwar über einen 50poligen, in der Geräterückseite eingebauten Stecker (Bild 4). Es wird ein negativer BCD-Code mit TTL-Pegeln verwendet; das bedeutet, ein nicht angeschlossener Steuerkontakt stellt sich automatisch auf eine Spannung größer 2,5 V ein, entsprechend dem Steuersignal logisch 0. Offene Steuereingänge stehen also auf 0, was insofern günstig ist, als diese für nicht benötigte Einstellungen einfach offen bleiben können. Vor allem bei der Pegelprogrammierung ist das wichtig, weil

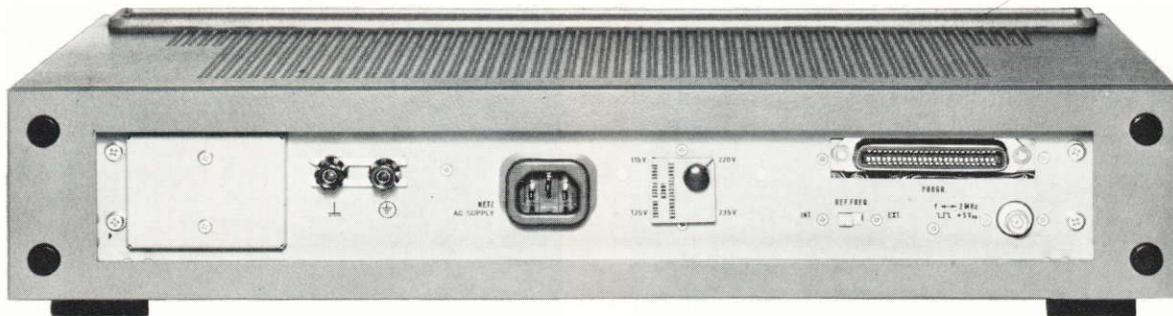


Bild 4 Rückansicht des Programmierbaren Synthesizers. Foto 20 609

sich dann beim Abziehen des Programmiersteckers der Pegel auf den kleinsten Wert schaltet. Das Logiksignal L entsteht durch Kurzschließen des entsprechenden Steuerkontaktes, wodurch zum Programmieren keine äußeren Spannungen nötig sind und rein passive Schalter verwendet werden können.

Die Umschaltung von Hand- auf Programmierbetrieb erfolgt durch Kurzschließen eines Steuerkontaktes am Programmierstecker. Dies wird an der Frontplatte durch Dauerlicht aller Kommalampen angezeigt, um Fehlbedienungen auszuschließen. Bisher war es

üblich, diese Umschaltung durch Schalter an der Frontplatte vorzunehmen, was jedoch für den Einsatz des Gerätes in einem Meßautomaten ungünstig ist, da durch fehlerhafte Einstellungen an der Frontplatte das Meßprogramm gestört werden kann. Durch die ferngesteuerte Umschaltung des SSN kann die Steuereinheit entscheiden, ob die Einzelgeräte im Programmierbetrieb arbeiten sollen oder nicht.

Der Ziffernwert der Frequenz wird an 4×4 Steuerkontakten eingestellt, während für die acht Frequenzbereiche, die von 0 bis 7 durchnummeriert sind, drei Steuerkontakte benötigt werden. Die Funktion des Stellenwertrechners bleibt auch bei Programmierbetrieb erhalten. Die Frequenzeinstellung im Gerät geschieht vollelektronisch. Die maximale Einstellzeit von 10 ms bezieht sich dabei auf das Erreichen der vollen Frequenzgenauigkeit unter ungünstigsten Bedingungen. Bei sehr kleinen Frequenzänderungen ergeben sich jedoch wesentlich kürzere Zeiten (0,1 ms). Das gleiche gilt für die Zeit, die nötig ist, bis die eingestellte Frequenz auf ihrem ungefähren Wert angelangt ist (Bild 5). Bei Frequenzänderungen innerhalb eines Dekadenbereichs erfolgt die Umschaltung phasenkontinuierlich. Eine eingebaute Begrenzerschaltung sorgt dafür, daß der Gleichstrommittelwert des Ausgangssignals sofort wieder seinen Sollwert erreicht; ein Überschwingen über den Spitzenwert der Kurve ist ausgeschlossen (Bild 6).

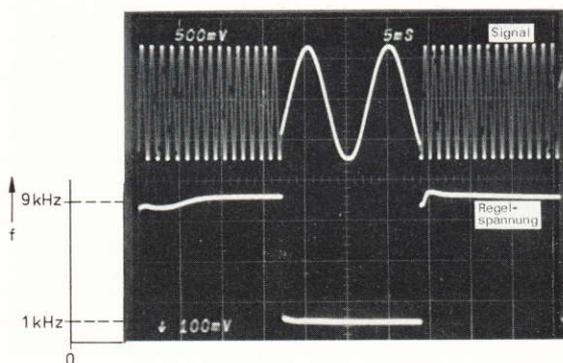


Bild 5 Frequenzregelspannung des Oszillators als Maß für den tatsächlichen Frequenzverlauf beim Umschalten; $f_1 = 1$ kHz, $f_2 = 9$ kHz.

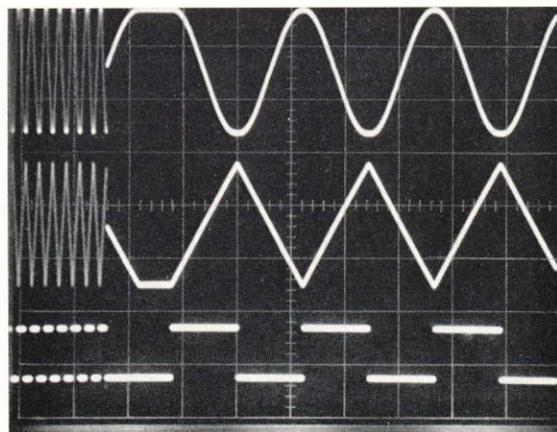
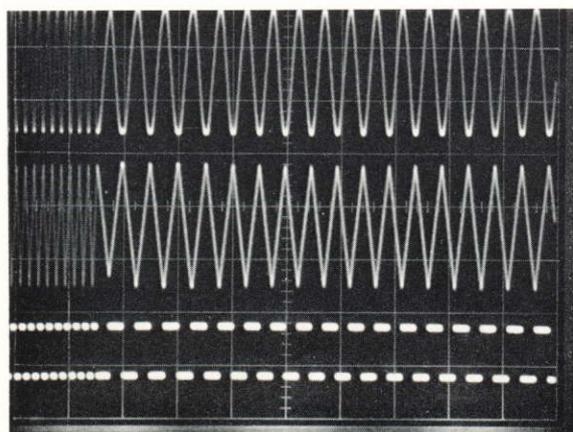


Bild 6 Frequenzumschaltung. Links: $f_1/f_2 < 10$ ($f_1 = 6$ kHz, $f_2 = 2$ kHz). Rechts $f_1/f_2 \geq 10$ ($f_1 = 4$ kHz, $f_2 = 400$ Hz). Zeitraster 1 ms.

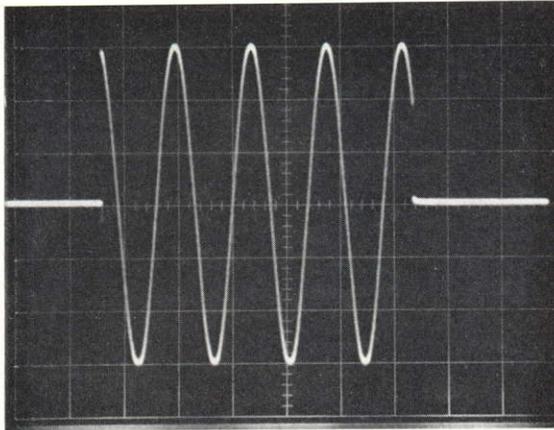


Bild 7 Pegelaustastung. Zeitraster 0,1 ms.

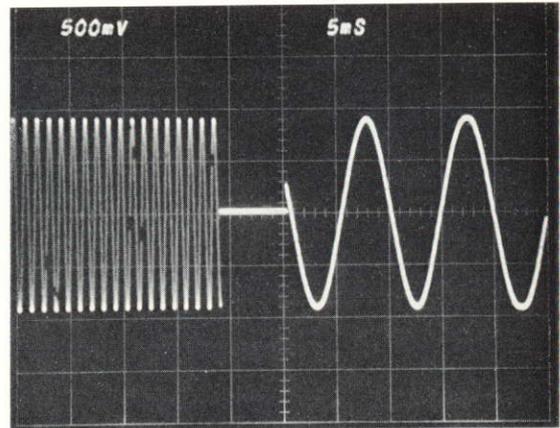


Bild 9 Frequenzumtastung mit Pausen für Selektivruf.

Der Pegel wird an 2×4 und 1×3 Steuerkontakten festgelegt. Die 0,1-dB- und 1-dB-Stufen werden elektronisch geschaltet, erst bei Überschreiten von 20-dB-Stufen treten Relais in Funktion. Innerhalb des elektronisch einstellbaren Dynamikbereichs von 20 dB liegt die Einstellzeit unter 0,1 ms. Auch die Pegelaustastung geschieht elektronisch ohne Relais und läßt sich über einen Kontakt elektronisch steuern (Umschaltzeit 0,01 ms); sie eignet sich damit gut, Pausen zwischen einzelnen Signalen zu erzeugen (Bild 7).

Den Forderungen für den Einsatz in Meßanlagen entsprechend, ist der SSN **erdfrei** aufgebaut. An der Geräterückseite befinden sich zwei Buchsen, von denen die eine mit der Netz- und Gehäuseerde und die andere mit der Meßerde verbunden ist. Bei Bedarf läßt sich die Verbindung zwischen diesen Anschlüssen lösen.

Aufbau

Das Gerät besteht aus dem eigentlichen Synthesizer und dem Kurvenformer (Bild 8). Im Synthesizer wird ein spannungsabgestimmter Oszillator ungefähr auf die Sollfrequenz gesteuert. Ein programmierbarer Teiler teilt die Oszillatorfrequenz auf eine feste Fre-

quenz herunter, die dann mit einer Quarzfrequenz phasenverglichen wird. Die so gewonnene Phasendifferenzspannung steuert den Oszillator phasenstarr auf die genaue Sollfrequenz. Diese Frequenz läßt sich dann noch dekadisch teilen; danach stehen sämtliche Spannungen in Rechteckform zur Verfügung. In der Kurvenformung wird das Rechteck durch Integration zu einem Dreieck umgeformt, das eine Diodenmatrix weiter in eine Sinuskurve umwandelt, die dann nach dem Endverstärker und dB-Teiler entnommen werden kann.

Anwendung

Der SSN findet überall dort Anwendung, wo genaue und definierte Niederfrequenzen benötigt werden, besonders dann, wenn diese schnell und exakt umzuschalten sind.

Als Beispiel dafür sei die Erzeugung von **Selektivrufsignalen** genannt. Gerade hier ist eine definierte, schnelle und überschwingfreie Frequenzumschaltcharakteristik unerlässlich, wie sie der SSN bei gleichzeitig hoher Frequenzgenauigkeit bietet. Außerdem gestattet die schnelle Pegelaustastung, Pausen zwischen den einzelnen Ruftönen zu erzeugen, die bei

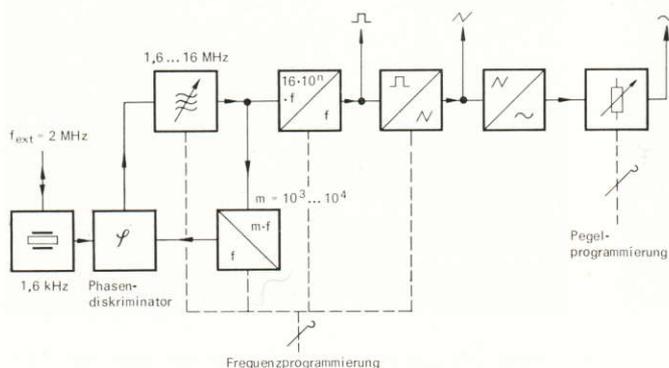


Bild 8 Prinzipschaltung des NF-Synthesizers.

einigen Systemen gefordert werden (Bild 9). Der SSN kann somit – zusammen mit einem entsprechenden Rufgeber-Programmierzusatz, der sehr einfach aufgebaut sein kann – als Modulationsgenerator für den Sprechfunkgerätemeßplatz SMDF/SMDA mit Frequenzkontroller und Leistungsmeßadapter eingesetzt werden.

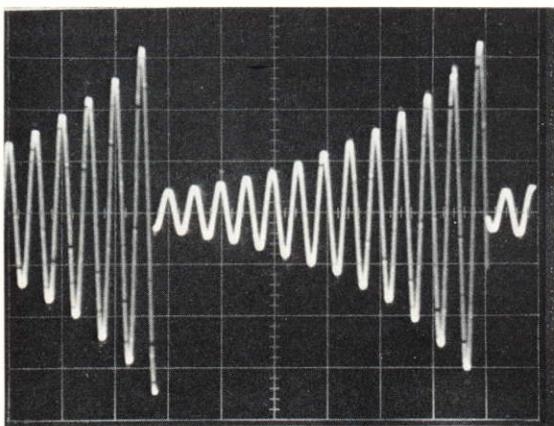
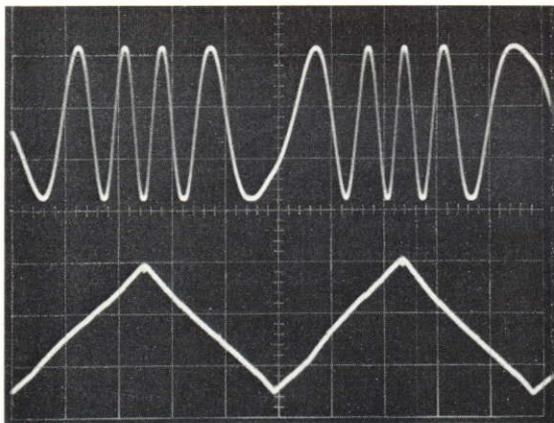
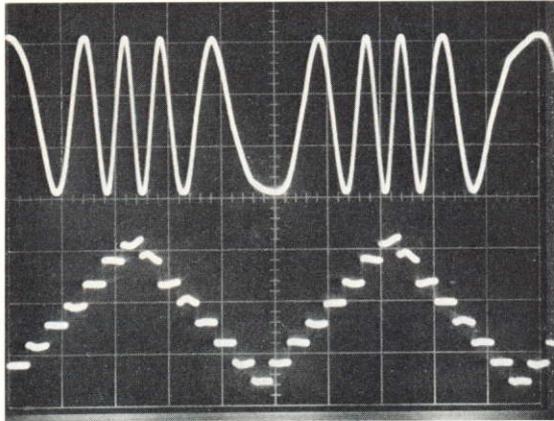


Bild 10 Digitale Wobbelung mit dem SSN.
Oben: Frequenzwobbelung, acht Frequenzstufen; **Mitte:** Frequenzwobbelung, 80 Frequenzstufen; obere Kurven Signal, untere Kurven Regelspannung; Zeitraster jeweils 20 ms.
Unten: Digitale Pegelwobbelung $U_{\min}/U_{\max} = 1/10$, Zeitraster 10 ms.

Ein weiteres Hauptanwendungsgebiet des SSN ist der **Einsatz in Meßautomaten**. Das Gerät ist wie alle programmierbaren Neuentwicklungen von Rohde & Schwarz systemfähig*. In der NF-Technik erweist sich der programmierbare, logarithmische Ausgangspegel bei der Messung von Durchlaßkurven, Bandbreiten und Frequenzgängen als besonders vorteilhaft. In der HF-Meßtechnik kann der SSN als Modulationsgenerator verwendet werden oder ganz allgemein als Steuergenerator für andere Meßgeräte (z. B. für die Frequenzanalysatoren FAT).

Daneben gibt es noch eine Vielzahl von Gebieten, in denen genaue Frequenzen benötigt werden, etwa in der **Telemetrie und Physik**, oder aber besonders die tiefen Frequenzen bei der Untersuchung mechanischer und biologischer Regelvorgänge.

Mit dem Dreieckssignal steht eine zeitproportionale Spannung zur Verfügung, die beispielsweise zum **Steuern eines XY-Schreibers** dienen kann. Der Rechteckausgang liefert Signale mit sehr konstanter Periodendauer, die sich zu **Zeitsteuerungen** heranziehen lassen.

Durch die kurze Umschaltzeit bei kleinen Frequenzsprüngen eignet sich der SSN auch zum sogenannten **digitalen Wobbeln**. Schaltet man die Frequenz kontinuierlich in kleinen Stufen weiter, dann erreicht man so hohe Umschaltgeschwindigkeiten, daß praktisch ein quasikontinuierlicher Ablauf entsteht (Bild 10). Bereits bei einer Stufengröße von 0,1% der Frequenz läßt sich das so variierte Signal nicht mehr von einem analog gewobbelten unterscheiden.

T. Frühauf

* Vergleiche Schlußbeitrag „Definitiv definiert“ auf S. 50.

Kurzdaten des Programmierbaren Synthesizers SSN

Frequenzbereich	0,01 Hz ... 120 kHz Sinus, Dreieck 0,01 Hz ... 1,2 MHz Rechteck
Relativer Fehler	$< 2 \cdot 10^{-5}$
Rechteckausgang	$R_i = 50 \Omega, U_{SS} = +5 V$
Dreieckausgang	$R_i = 50 \Omega, U_{SS} = 1 V$
Sinusausgang	$R_i = 50 \Omega, U_{eff} = 7,75 mV \dots 6 V$
Klirrfaktor	$\leq 1 \%$
Pegeländerung über den Frequenzbereich bis 20 kHz	$\leq 1 \%$
Bestellbezeichnung	Ident-Nr. 204.8014

Näheres durch Leserdienstkarte: Kennziffer 51/8