



# 1000MHz-Hochfrequenz-generator HFG 9000

**0,1 Hz bis 1040 MHz (!) überstreicht der Frequenzbereich dieses High-Tech-Signal-Generators. Das Sinus-Ausgangssignal steht im gesamten Frequenzbereich mit Pegeln bis zu +7 dBm (1,42 V<sub>ss</sub>) zur Verfügung. FM- und AM-Modulierbarkeit des Ausgangssignals sind weitere Leistungsmerkmale, ebenso wie eine besonders übersichtliche, mikroprozessorgesteuerte Bedienung.**

## Allgemeines

Hochfrequenz-Signal-Generatoren, die einen Frequenzbereich bis 1GHz erschließen, liegen üblicherweise in einer Preisklasse, die auf industrielle Anwender ausgerichtet ist, während preisgünstige Generatoren meist nur den eingeschränkten Frequenzbereich bis 300 MHz bei geringerer Stabilität abdecken.

Mit dem in rund 2jähriger Arbeit in der ELV-Entwicklungsabteilung entstandenen HFG 9000 stellen wir Ihnen einen Signal-Generator vor, der professionellen Anforderungen genügt und bei einem außergewöhnlichen Preis-/Leistungsverhältnis kaum noch Wünsche offenläßt.

Durch den umfangreichen Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 1 GHz ist der HFG 9000 sowohl im NF- als auch im HF-Bereich universell einsetzbar. Ob als Prüfsender für Empfindlichkeitstests an Empfängern oder als Signalquelle für Frequenzgangmessungen an NF- und HF-Schaltungen - stets bietet der HFG 9000 das benötigte Signal.

Darüber hinaus ist der Generator auch für entwicklungsbegleitende EMV-Prüfungen ausgelegt. So kann z. B. mit Hilfe von passiven Nahfeldsonden eine lokale Bestrahlung von Schaltungsteilen erfolgen, um auf diese Weise eine Aussage über die Störfestigkeit dieser Schaltung gegenüber eingestrahelten elektromagnetischen

Feldern zu treffen.

Der umfangreiche Frequenzbereich (10 Dekaden), der große Pegelbereich sowie die Möglichkeit der Amplituden- und der Frequenzmodulation über den gesamten Frequenzbereich machen den HFG 9000 zu einem vielseitig einsetzbaren Signal-Generator mit besonders breitem Anwendungsspektrum. Die detaillierten technischen Daten sind in Tabelle 1 aufgeführt.

## Bedienung

Die übersichtliche Bedienung des Hochfrequenz-Generators HFG 9000 wird über einen Mikrocontroller gesteuert, der ganz wesentlich zur einfachen Handhabung des Gerätes beiträgt. Aufgrund der Prozessorteuerung ist es möglich, alle Funktionen mit nur 2 Drehreglern und 10 Tasten zu steuern. Die Anordnung der Bedienelemente in Verbindung mit dem Frontplattendesign ermöglicht eine intuitive Bedienung.

## Einschalten / Grundzustand

Unmittelbar nach dem Einschalten des Gerätes am Netzschalter geht der HFG 9000 in seinen Grundzustand mit folgenden Parametern:

Frequenz: 1 MHz  
 Ausgangspegel: -20 dBm (63,2 mV<sub>ss</sub> an 50 Ω)  
 Modulation: aus  
 HF-Ausgang: aus

## Frequenzbereiche einstellen

Die schnelle Einstellung der in 6 Bereiche aufgeteilten Ausgangsfrequenz erfolgt mit den beiden Tasten „Range ↑“ und „Range ↓“ wie folgt:

Bereich I: 0.1 Hz bis 10 Hz  
 Bereich II: 10 Hz bis 1 kHz  
 Bereich III: 1 kHz bis 100 kHz  
 Bereich IV: 100 kHz bis 10 MHz  
 Bereich V: 10 MHz bis 100 MHz  
 Bereich VI: 100 MHz bis 1,04 GHz

## Frequenzeinstellung

Innerhalb vorstehender Bereiche wird die Frequenz mit den beiden Potentiometern „Coarse“ (Grob) und „Fine“ (Fein) exakt eingestellt. Dabei zeigt ein 4stelliges Display die genaue Ausgangsfrequenz an, wobei die jeweils gültige Einheit durch die LEDs „Hz“, „kHz“ bzw. „MHz“ gekennzeichnet ist. Da der eingebaute Frequenzzähler eingangssynchron arbeitet, wird die volle Auflösung von 4 Stellen über den gesamten Bereich genutzt.

## Amplitudeneinstellung

Die Amplitudeneinstellung erfolgt mit den unterhalb der Pegelanzeige angeordneten Tasten.

Das Tastenpaar „x1“ dient zum Ändern der „Einerstelle“ der Pegelanzeige, während die Tasten „x10“ für die „Zehnerstelle“ zuständig sind.

Der Ausgangspegel wird als Leistung

**Technische Daten: HFG 9000**

**Frequenz**

Umfang: .....	0,1 Hz bis 1,04 GHz	
Bereichsaufteilung:	Auflösung:	
0,1Hz -	9,999Hz	1mHz
10Hz -	999,9Hz	0.1Hz
1kHz -	99,99kHz	10Hz
100kHz -	9,999MHz	1kHz
10MHz -	99,99MHz	10kHz
100MHz -	999,9MHz	100kHz
1GHz -	1,040GHz	1MHz

- 4stellige Frequenzanzeige
- integrierter Frequenzzähler

**Pegel**

Bereich: ..... -84 dBm bis +7 dBm  
 Einstellschritte: ..... 1 dB  
 Wellenwiderstand: ..... 50 Ω

**Signalabschaltung:**

Dämpfung: ..... >100 dB  
 max. eingespeiste  
 Leistung: ..... +24 dBm = 250 mW

**Amplitudenmodulation**

AM Betriebsarten: ..... intern, extern  
 Modulationsgrad: ..... 30%, 50%, 80%,  
 bei externer Quelle: ..... beliebig durch

Verändern des Modulationssignalpegels  
 Modulationsfrequenzgang: 10 Hz - 100 kHz

**Frequenzmodulation**

FM Betriebsarten: ..... intern, extern  
 Frequenzhub: ..... low, mid, high  
 (Abhängig von Frequenzbereich)

bei externer Quelle: ..... beliebig durch  
 Verändern des Modulationssignalpegels  
 Modulationsfrequenzgang: 10 Hz - 100 kHz

**Modulationseingang:**

Eingangswiderstand: ..... 45kΩ  
 Eingangsspannung für den eingestellten  
 Modulationsgrad/Frequenzhub: ..... 1V<sub>SS</sub>

**Interner Modulationssignalgenerator**

Frequenz: ..... 1kHz  
 Signalpegel: ..... 1V<sub>SS</sub>

**Allgemeine Daten**

Stromversorgung: ..... 230V AC, 50VA  
 Abmessungen: ..... 350 x 210 x 110 mm

bei Abschluß mit einer 50Ω-Last (Leistungsanpassung) in „dBm“ angezeigt. Diese Darstellung von Signalpegeln scheint einem „Nicht-Nachrichtentechniker“ etwas ungewohnt, ist jedoch in der Hochfrequenztechnik eine übliche Darstellungsart, da hier der Systemwellenwiderstand 50 Ω gilt und die Angabe von Pegeln im logarithmischen Maßstab üblich ist. Bevor wir zur Beschreibung der Funktion kommen, gehen wir im Anschluß an das vorliegende Kapitel „Bedienung“ noch detailliert auf die im Hochfrequenzbereich wichtige Leistungsanpassung nebst Pegelumrechnung ein.

**Ausgangspegel**

Der am Ausgang des HFG 9000 einstellbare Pegelbereich erstreckt sich von +7 dBm (entsprechend 0,5 V<sub>eff</sub> an 50 Ω) bis zu -84 dBm (entsprechend 14,1 μV<sub>eff</sub> an 50 Ω). Für Spezialanwendungen kann durch die optionale Verwendung von Präzisions-Dämpfungsgliedern der Ausgangspegel noch weiter abgesenkt werden.

**Ausgangssignal abschalten**

Mit der Taste „Out“ läßt sich das Ausgangssignal abschalten. Hierbei wird die interne Signalquelle von der Ausgangsbuchse getrennt, und die zugehörige LED „RF-On“ erlischt. In diesem Zustand ist die Ausgangsbuchse über einen internen 50Ω-Abschlußwiderstand nach Masse geschaltet, d. h. eine angeschlossene Schaltung sieht weiterhin den 50Ω-Quellenwiderstand, wobei jedoch kein Signalpegel mehr anliegt.

Zu beachten ist dabei, daß die max. Leistung, die dem Ausgang in dieser Stellung zugeführt wird, 250 mW = 24 dBm (entsprechend 3,5 V<sub>eff</sub> an 50 Ω) nicht überschreitet. Diese Möglichkeit der Abschaltung des Ausgangssignals ist immer dann wichtig, wenn z. B. bei Frequenzganguntersuchungen an HF-Verstärkern undefinierte Schwingungen auftreten. Nun kann das speisende Signal aus dem HFG 9000 abgeschaltet werden, ohne daß sich die eingangsseitige Belastung der Verstärkerschaltung ändert. Auf diese Weise läßt sich feststellen, ob auftretende Schwingungen durch das Eingangssignal oder aber durch Eigenschwingungen der angeschlossenen Testschaltung hervorgerufen werden.

**Modulation**

Die Einstellungen für die Modulation des Ausgangssignals werden über die Tasten „Modulation“, „Depth/Deviation“ und „Source“ vorgenommen.

Mit „Modulation“ wird die Modulation eingeschaltet, wobei die erste Tastenbetätigung auf Amplitudenmodulation schaltet und die zweite auf Frequenzmodulation. Bei der dritten Tastenbetätigung wird die Modulation wieder abgeschaltet usw. Die zugehörigen LEDs zeigen die aktuelle Einstellung an.

Ist die gewünschte Modulationsart gewählt, kann mit der Taste „Source“ die Quelle für das Modulationssignal festgelegt werden. Hier steht in der Position „int 1 kHz“ ein intern erzeugtes, klirrarms 1kHz-Sinussignal zur Verfügung, während in der Stellung „ext“ das am Eingang „Modulation In“ anliegende Signal zur Modulation des Ausgangssignals dient.

Die Einstellung des Modulationsgrades bei Amplitudenmodulation bzw. des Frequenzhubes bei Frequenzmodulation geschieht über die Taste „Depth/Deviation“. Bei Amplitudenmodulation sind die Stufen 30 %, 50 % und 80 % einstellbar, während bei Frequenzmodulation der Hub in den Abstufungen „low“, „mid“ und „high“ wählbar ist. Eine genaue Angabe des Frequenzhubes ist an dieser Stelle nicht sinnvoll, da eine Abhängigkeit vom gewählten Frequenzbereich besteht.

Die angegebenen Werte für Modulation

onsgrad und -hub gelten für die Modulation mit dem internen 1kHz-Modulationssignal bzw. bei der Einspeisung eines externen Signals für eine Eingangsspannung von 1 V<sub>SS</sub>. Diese Grundabstufungen sind auf praxisübliche Anwendungen ausgerichtet.

Darüber hinaus können für Spezialanwendungen nahezu beliebige Zwischenwerte eingestellt werden, indem die Eingangssignalamplitude am Modulationseingang variiert wird. So gilt für den Modulationsgrad m in Abhängigkeit von der Signalspannung am Modulationseingang U<sub>Mod.In</sub> und der gewählten Grundeinstellung des Modulationsgrades m<sub>GE</sub> folgender Zusammenhang:

$$m = U_{Mod.In} / 1V_{SS} \cdot m_{GE}$$

So wird bei einem vorgewählten Modulationsgrad von 30 % und einem Modulationssignal von 0,5 V<sub>SS</sub> ein tatsächlicher Modulationsgrad von 15% erreicht.

**Pegel-Umrechnung**

Die Darstellung des Pegels in „dBm“ ist eine Leistungsangabe, die sich auf die Leistung P bezieht, welche an einer 50Ω-Last umgesetzt wird. Die Berechnung für den daraus folgenden log. Pegel erfolgt nach der Formel:

$$L_P = 10 \text{ dBm} \cdot \lg \left( \frac{P}{1 \text{ mW}} \right) \quad (1)$$

Den Zusammenhang zur Ausgangsspannung kann man über

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (2)$$

mit R = 50 Ω = Systemwellenwiderstand herstellen. Somit gilt:

$$L_P = 20 \text{ dBm} \cdot \lg \left( \frac{U}{V} \right) + 13 \text{ dB} \quad (3)$$

Durch Umkehrung obiger Gleichungen läßt sich die Ausgangsspannung, bzw. die Ausgangsleistung bei gegebenem Leistungspegel bestimmen. Es gilt für die Leistung:

$$P = 1 \text{ mW} \cdot 10^{\frac{L_P}{10 \text{ dBm}}} \quad (4)$$

und für die Ausgangsspannung

$$U = 223 \text{ mV} \cdot 10^{\frac{L_P}{20 \text{ dBm}}} \quad (5)$$

Vorstehende Betrachtungen gelten nur für den Abschluß mit einer 50Ω-Last. Wird der Ausgang nicht mit 50 Ω abgeschlossen, so muß der angezeigte Pegel korrigiert werden, um den tatsächlichen Pegel an der Last zu erhalten. Für den Leistungspegel gilt:

$$L_{P,Last} = L_{P,Anzeige} - 10 \text{ dB} \cdot \lg \left( \frac{1}{2} + \frac{R_{Last}}{200\Omega} + \frac{12,5\Omega}{R_{Last}} \right) \quad (6)$$

Die Ausgangsspannung läßt sich dann wie folgt bestimmen:

$$U_{Last} = 447 \text{ mV} \cdot 10^{\frac{L_{P,Anzeige}}{20 \text{ dBm}}} \cdot \left( \frac{R_{Last}}{R_{Last} + 50 \Omega} \right) \quad (7)$$

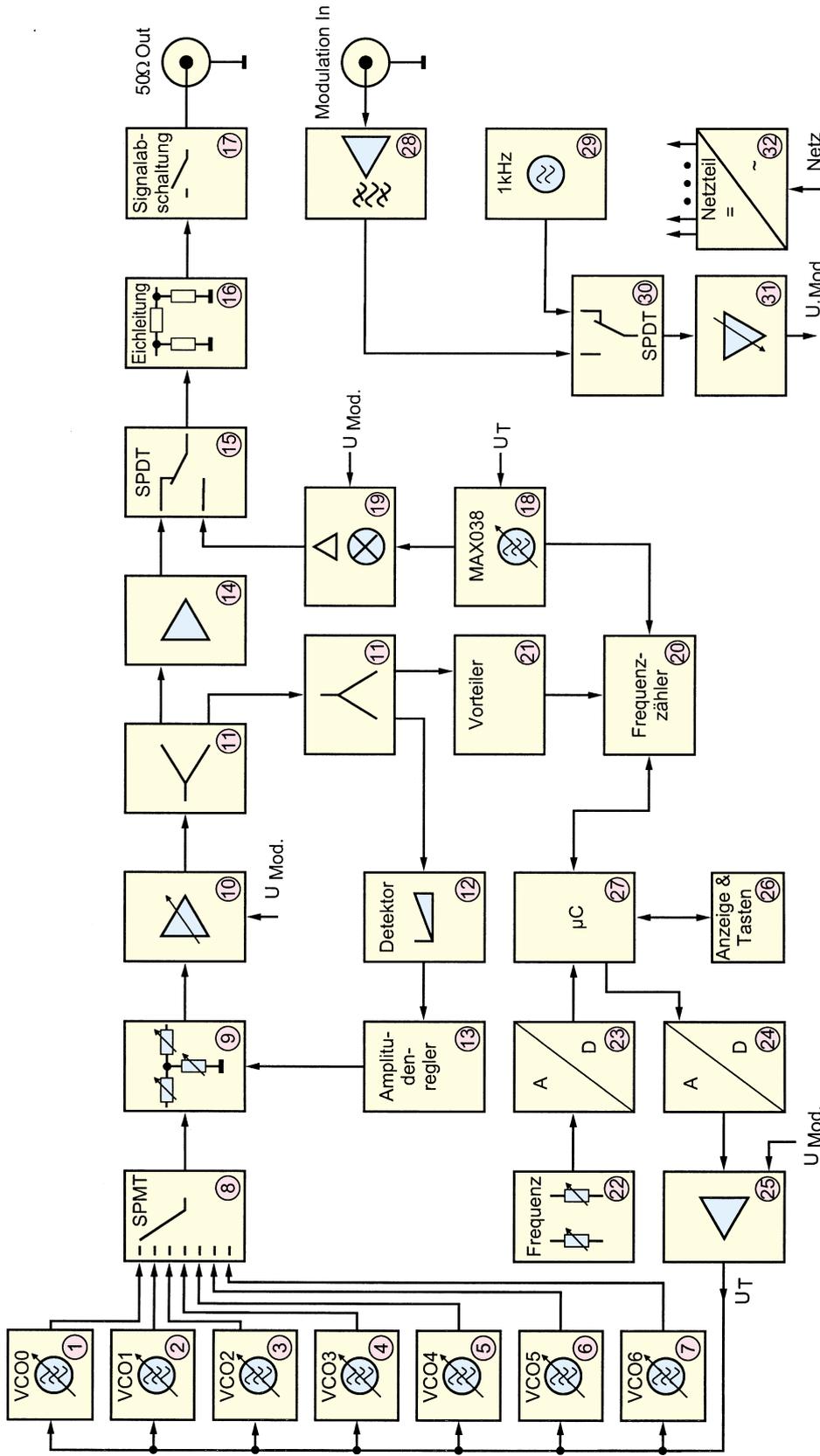


Bild 1: Blockschaltbild des HFG 9000

Im Leerlauf bedeutet dies theoretisch eine Verdopplung der Ausgangsspannung gegenüber einem angepaßten Abschluß mit 50 Ω.

Zu beachten ist dabei, daß alle vorstehenden Berechnungen von einem ideal angepaßten Ausgang des Generators ausgehen, dies ist in der Praxis jedoch kaum

gegeben. Die sich durch die kleine Fehlanpassung einstellenden Abweichungen sind jedoch in der Regel vernachlässigbar.

**Funktion/Blockschaltbild**

Der Hochfrequenz-Generator HFG 9000 stellt ein High-Tech-Laborgerät dar, mit entsprechend komplexer Schaltungstechnik. Zum besseren Verständnis der Schaltung und zur Übersichtlichkeit wenden wir uns daher zunächst dem in Abbildung 1 gezeigten Blockschaltbild zu.

Der HFG 9000 deckt einen sehr großen Frequenzbereich ab, der 10 Dekaden überstreicht. Aus diesem Grunde ist es erforderlich, die Signalerzeugung gemäß dem jeweiligen Frequenzbereich nach zwei verschiedenen Prinzipien zu realisieren.

Im Bereich von 10 MHz bis 1 GHz erfolgt die Signalerzeugung mit LC-Oszillatoren, während im Bereich von 0,1 Hz bis 10 MHz dazu ein Funktions-Generatorbaustein dient.

Die LC-Oszillatoren (1) bis (7) sind als VCO (Voltage Controlled Oscillator) ausgeführt. Hierbei wird mittels einer Abstimmspannung die Ausgangsfrequenz des Oszillators gesteuert. Ein solcher HF-VCO läßt sich im allgemeinen zuverlässig nur über eine Oktave abstimmen. Um den Bereich von 10 MHz bis 1 GHz abdecken zu können, sind daher mehrere Oszillatoren erforderlich, deren Frequenzbereiche aneinander anschließen. Beim HFG 9000 übernehmen daher 7 HF-Oszillatoren diese Aufgabe (hinzü kommt der Funktions-Generatorbaustein für den Bereich unterhalb 10 MHz).

Die Ausgangssignale der 7 Oszillatoren werden über ein Hochfrequenz-Umschaltglied zusammengeführt. Dieser Mehrfachumschalter (8), auch SPMT (Single Pole Multi Through) genannt, schaltet jeweils einen Eingang zu seinem Ausgang durch, während alle anderen Eingänge gesperrt sind. Der SPMT ist als PIN-Diodenschalter aufgebaut. Die PIN-Dioden wirken ab etwa 10 MHz als nahezu ohmsche Widerstände, deren Wert im Bereich von einigen Ohm bis hin zu einigen Kiloohm durch Variation eines DC-Steuersstromes veränderbar ist. Durch geschickte Verschaltung solcher PIN-Dioden wird hier ein SPMT mit 7 Eingängen und einem Ausgang realisiert.

Ein wichtiges Kriterium eines hochwertigen HF-Generators liegt u. a. in der Stabilität des Ausgangssignals, gepaart mit einem großen Einstellbereich. Wird ein bestimmter Ausgangspegel gewählt, soll dieser bei einer Veränderung der Frequenz möglichst über den gesamten Bereich konstant bleiben. Um die Anforderung eines konstanten Ausgangspegels bei wechselnden Frequenzen beim HFG 9000 in opti-

mierter Weise zu erfüllen, ist eine Pegelregelung implementiert. Diese besteht aus einem PIN-Dioden-Dämpfungsnetzwerk (9) als Stellglied sowie aus einem Regler (13).

Die Reglerschaltung erhält die Information über den Ist-Wert des HF-Pegels aus der Detektorschaltung (12), die als Di-odendetektor aufgebaut ist. Mit Hilfe einer speziellen Zero-Bias-Detektordiode wird hier eine dem Hochfrequenzpegel proportionale Gleichspannung generiert, die dann als Ist-Wert dem Regler zugeführt wird. Dieser korrigiert durch Verändern eines Steuerstromes die Dämpfung des PIN-Dioden-Dämpfungs-gliedes so weit, bis Soll- und Ist-Wert übereinstimmen. Auf diese Weise werden die unterschiedlichen Pegel der VCOs ausgeregelt und ein konstanter Ausgangspegel auch bei wechselnden Frequenzen gewährleistet.

Der konstante Pegel am Ausgang des PIN-Dioden-Netzwerkes gelangt auf einen regelbaren HF-Verstärker (10). Dieser arbeitet als Vorverstärker um die nachfolgende Stufe mit einem ausreichenden Eingangspegel zu versorgen. Zusätzlich dient die über einen Steuereingang mögliche Einstellung der Verstärkung zur Amplitudenmodulation in diesem Frequenzbereich.

An den Vorverstärker schließt sich im Signalweg ein Leistungsteiler (11) an, der aufgrund des großen Frequenzbereiches als resistiver Teiler ausgeführt ist und somit eine Eigendämpfung von 6 dB aufweist. Der nachfolgende HF-Verstärker (14) ist ein- und ausgangsseitig auf 50  $\Omega$  angepaßt, so daß aufwendige breitbandige Anpaßschaltungen entfallen können.

Dieser HF-Verstärker besitzt einen bemerkenswerten Frequenzgang von DC - 1,8 GHz (3 dB) bei einer Verstärkung von 26 dB. Der Ausgang gelangt auf die Signalzusammenführung (15), wo eine Zusammenführung des Hochfrequenzbereiches (10 MHz bis 1 GHz) mit dem Niederfrequenzbereich 0,1 Hz - 10 MHz erfolgt. Kleine Durchgangs- und große Isolationsdämpfung gegenüber dem abgeschalteten Signal über einen Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 1 GHz sind die an diesen Umschalter gestellten Anforderungen. Aufgrund dieser extremen Anforderungen an den SPDT (Single Pole Double Through) wird hier die Realisierung mit einem speziellen Hochfrequenz-Relais gewählt.

Wie bereits erwähnt, dient zur Erzeugung des Sinus-Signals im Frequenzbereich (0,1 Hz bis 10 MHz) ein Funktions-Generator (18). Das als Generator eingesetzte IC des Typs MAX038 erzeugt ein Ausgangssignal, dessen Frequenz von einem Ladekondensator und einem Steuerstrom abhängig ist. Das Prinzip eines sol-

chen Generators basiert auf der Erzeugung eines Dreieck-Signals durch das Laden und Entladen eines Kondensators mit einem Konstantstrom und der anschließenden Gewinnung eines sinusförmigen Signals aus dem Dreieck-Signal mit Hilfe eines Funktionsnetzwerkes. Durch Umschalten verschiedener Kondensatoren wird der Frequenzbereich gewählt, während ein Steuerstrom für die Feineinstellung der Frequenz sorgt.

Das Ausgangssignal des MAX038 wird auf den nachgeschalteten Analog-Multiplizierer (19) gegeben. Hier wird die Amplitudenmodulation für den Niederfrequenzbereich sowie eine Anpassung des Ausgangs auf den 50 $\Omega$ -Ausgangswiderstand vorgenommen. Anschließend gelangt das Signal auf den weiter vorstehend erwähnten SPDT (15). Dem SPDT als Signalzusammenführung folgt die Eichleitung (16), welche die Aufgabe besitzt, das Signal um einen definierten Wert zu dämpfen. Die Eichleitung umfaßt einen Dämpfungsbereich von 0 bis 91 dB. Diese Dämpfungswerte können aufgrund der Kombination von herkömmlichen ohmschen Dämpfungsgliedern mit einem speziellen GaAs-Dämpfungssteller (Gallium-Arsenid-Technologie) in 1dB-Schritten eingestellt werden.

Der Prozessor erhält über die Bedientasten die Information über den gewünschten Ausgangspegel und berechnet hieraus die einzustellende Dämpfung der Eichleitung. Der anliegende Ausgangspegel wird auf einer 2stelligen Pegelanzeige dargestellt.

Als letzte Stufe befindet sich die Signalabschaltung (17) im Signalweg. Hier kann der interne Signalweg vom Ausgang getrennt werden, wobei die Ausgangsbuchse dann über 50  $\Omega$  an Masse liegt. Auch diese Umschaltung ist mit einem speziellen HF-Relais realisiert, um eine möglichst geringe Beeinflussung des Ausgangssignals zu gewährleisten.

Der integrierte Frequenzzähler (20) bietet die Besonderheit, daß er eingangssynchron arbeitet. Hierbei werden während der vom Prozessor (27) vorgegebenen und mit dem zu zählenden Signal synchronisierten Torzeit die Signalperioden und die Referenzoszillatorperioden gezählt. Aus diesen Zählerständen errechnet der Prozessor dann die Frequenz des Ausgangssignals, so daß die Anzeige auch bei sehr niedrigen Frequenzen immer mit der vollen 4stelligen Auflösung erfolgt.

Das Eingangssignal für den Frequenzzähler kommt im Niederfrequenzbereich direkt vom MAX038 und im Hochfrequenzbereich von einem Vorteiler (21), der das HF-Signal herunterteilt, damit es von der Digitaltechnik verarbeitet werden kann.

Eine weitere Aufgabe des Prozessors liegt in der Generierung der Abstimmspannung. Hierzu fragt der Prozessor die Stellungen der Potentiometer (22) für die Frequenzgrob- und -feineinstellung über den AD-Wandler (23) ab. Mit den so ermittelten Werten wird die Abstimmspannung bestimmt und als Digitalwert an den DA-Wandler (24) weitergegeben.

Der DA-Wandler mit nachgeschaltetem Summationsverstärker (25) erzeugt aus dem Digitalwert die analoge Abstimmspannung. Zusätzlich wird bei Bedarf in den Summationsverstärker das Modulationssignal eingespeist, um Frequenzmodulation zu realisieren.

Der Umweg der Abstimmspannungserzeugung über AD-Wandler und DA-Wandler ist erforderlich, um die Frequenzbereiche im HF-Bereich in dekadischen Schritten umschalten zu können. Hier decken mehrere Oszillatoren nacheinander eine Dekade ab, d. h. ohne daß der Anwender tätig werden muß, schaltet der Prozessor automatisch bei Bedarf die Oszillatoren innerhalb einer Dekade um.

Neben den vorstehend beschriebenen Aufgaben ist der Prozessor (27) darüber hinaus für die Abfrage der Tasten, die Steuerung der Anzeigeelemente (26) sowie für die Einstellung der Modulationsparameter zuständig.

Die Umschaltung der Modulationssignalquelle erfolgt über den SPDT (30).

Hier wird ausgewählt, ob das Signal des internen 1kHz-Signalgenerators (29) für die Modulation dienen soll oder aber das vom Vorverstärker (28) kommende externe Modulationssignal.

Der interne 1kHz-Sinusgenerator ist als Wien-Robinson-Oszillator ausgeführt. Dieser zeichnet sich vor allem durch seine Frequenzstabilität bei extrem geringem Klirrfaktor aus. Der Vorverstärker für das externe Modulationssignal (28) sorgt neben der Pufferung des Modulationseinganges zusätzlich durch das implementierte Tiefpaßfilter für eine definierte max. obere Grenzfrequenz des Modulationssignals.

Ist die Modulationsquelle gewählt, sorgt der nachfolgende Verstärker (31) für die Einstellung von Modulationsgrad bzw. Frequenzhub. Dies wird durch Umschalten des Verstärkungsfaktors erreicht. Je nach gewähltem Modulationsgrad/Frequenzhub schaltet der Prozessor den entsprechenden Verstärkungsfaktor für die Verstärkung des Modulationssignals ein.

Damit ist die Beschreibung des grundsätzlichen Funktionsprinzips anhand des Blockschaltbildes abgeschlossen, und wir wenden uns im zweiten Teil dieser Artikelserie der detaillierten Schaltungsbeschreibung des HFG 9000 zu. 