



Hochfrequenz-Signalgenerator HFG 9300

Der große Frequenzbereich und der in weiten Bereichen einstellbare Ausgangspegel sind die wesentlichen Leistungsmerkmale des HFG 9300. Dieser erzeugt Sinussignale im Bereich von 10 MHz bis 300 MHz und lässt eine Variation des Ausgangspegels von 0 dBm bis -60 dBm (typ.) zu. Die Möglichkeit der Amplituden- und Frequenzmodulation stellen weitere Features eines Hochfrequenz-Signalgenerators dar, der außerdem durch sein sehr gutes Preis-/Leistungsverhältnis besticht.

Allgemeines

Signalgeneratoren gehören zweifelsohne zu den am weitesten verbreiteten Mess- und Prüfgeräten in einem Elektroniklabor. Je nach Anwendungsbereich müssen diese unterschiedlichen Anforderungen genügen. Neben wählbarer Signalform und Ausgangsamplitude ist der Frequenzbereich der wichtigste Parameter, der bei der Anschaffung eines solchen Gerätes Beachtung findet. Dabei lassen sich im Wesentlichen drei Anwendungsprofile unterscheiden.

Im unteren Frequenzbereich, der sich von wenigen Hertz bis hin zu etwa 10 MHz erstreckt, werden Signalpegel von einigen Volt benötigt und die Einstellung verschiedener Ausgangssignalformen ist ein willkommenes Feature. Hiermit lassen sich dann sowohl NF-Schaltungen testen als auch mit rechteckförmigen Ausgangssignalen digitale Schaltungen betreiben. Für diese Anwendungsfälle gibt es bereits diverse Funktionsgeneratoren wie beispiels-

weise den MFG 9001 oder den SFG 7002 von ELV.

Im Bereich oberhalb von 10 MHz bis hin zu etwa 300 MHz benötigt man normalerweise nur noch kleine Pegel im Millivolt-Bereich und als Signalform treten in den meisten Anwendungen dabei nur noch sinusförmige Verläufe auf. Um hiermit beispielsweise Rundfunkempfänger testen zu können, sind Amplituden- und Frequenzmodulation wichtige Funktionsmerkmale. Auf diesen Anwendungsfall zielt der neue ELV-Hochfrequenz-Generator HFG 9300 ab.

Oberhalb von 300 MHz werden die Anwendungsfälle schon wesentlich spezieller. Aber auch hier sind AM und FM als Features unumgänglich. Diesen Anwendungsbereich deckt der ELV HFG 9000 ab, der mit seinem extremen Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 1,04 GHz und einer durchgängigen Amplituden- und Frequenzmodulierbarkeit kaum noch Wünsche offen lässt.

Da jedoch viele Anwender diese weit

reichenden Funktionsmerkmale nicht benötigen und für den Frequenzbereich bis 10 MHz vielleicht schon einen Signalgenerator besitzen, bildet der neue HFG 9300 hierzu die ideale Ergänzung.

Durch den ausgedehnten Frequenzbereich von 10 MHz bis 300 MHz ist der HFG 9300 vielseitig einsetzbar. So kann er z. B. als Prüfsender für Empfindlichkeitstests an Empfängern oder als Signalquelle bei Frequenzgangmessungen in HF-Schaltungen verwendet werden. Sein Haupteinsatzgebiet wird die Reparatur, die Inbetriebnahme oder der Test von HF-Schaltungen, wie z. B. Empfänger der Rundfunk-, CB-Funk- und Amateurfunktechnik oder HF-Verstärkerbaugruppen, sein.

Funktionsbeschreibung

Um vor der detaillierten Schaltungsbeschreibung einen Überblick über die Funktionsabläufe zu geben, folgt nun zunächst die Betrachtung des Blockschaltbildes. Dies dient dem besseren Verständnis der später

Technische Daten: HFG 9300

Frequenz

- Frequenzbereich: 10 MHz bis 300 MHz
- Auflösung:
 - bis 100 MHz: 10 kHz
 - ab 100 MHz: 100 kHz
- 4-stellige Frequenzanzeige
- integrierter Frequenzzähler

Ausgangssignalpegel

- Pegelbereich: -60 dBm bis 0 dBm
- Ausgangsimpedanz: 50 Ω

Signalqualität

- Oberwellenabstand: > 10 dB
- Nebenwellenabstand: > 30 dB
- Einseitenband-Phasenrauschen: ≥ 80 dBc @ Δf = 20 kHz

Signalabschaltung

- Dämpfung: > 100 dB
- max. eingespeiste Leistung: +24 dBm

Amplitudenmodulation

- Frequenzbereich: 10 MHz bis 300 MHz
- AM-Betriebsarten: intern, extern
- Modulationsgrad: bei externer Quelle durch Verändern des Modulationssignalpegels veränderbar
- Modulationsfrequenzgang : 10 Hz bis 100 kHz

Frequenzmodulation

- Frequenzbereich: 10 MHz bis 300 MHz
- FM-Betriebsarten: intern, extern
- Frequenzhub: bei externer Quelle durch Verändern des Modulationssignalpegels veränderbar, abhängig vom Frequenzbereich
- Modulationsfrequenzgang: 10 Hz bis 100 kHz

Modulationseingang

- Eingangswiderstand: ≈ 45 kΩ
- Eingangsspannung: 0 V bis 3 V_{SS}

Interner Modulationssignalgenerator

- Frequenz: 1 kHz
- Signalpegel: 1 V_{SS}

Allgemeine Daten

- Stromversorgung: 230 V~ /50 Hz/15 VA
- Abmessungen: 383 x 117 x 220 mm

noch vorzustellenden Schaltung. Das in Abbildung 1 dargestellte Blockschaltbild zeigt alle wichtigen Schaltungsteile, die sich sinnvoll zusammenfassen lassen, als einzelne Funktionsblöcke.

Der wichtigste Schaltungsteil eines Signalgenerators ist die Signalerzeugung. Für den hier abgedeckten Frequenzbereich von 10 MHz bis 300 MHz stellen LC-Oszillatoren eine gute und einfache Lösung dar. Diese LC-Oszillatoren (1) bis (4) sind als VCO (Voltage Controlled Oscillator), d. h. spannungsgesteuerte Oszillatoren ausgeführt. Hier wird mittels einer Abstimmspannung die Ausgangsfrequenz des Oszillators verändert. Ein solcher VCO lässt sich sicher nur über etwas mehr als eine Oktave abstimmen. Um den Bereich von 10 MHz bis 300 MHz abdecken zu können, sind insgesamt vier Oszillatoren aufgebaut, die im Frequenzbereich aneinander anschließen.

Die Abstimmspannung „U_T“ erzeugt der Schaltungsteil (21). Hier findet auch die Zusammenführung der Signale aus der Frequenzeinstellung (20) mit dem Modulationssignal statt.

Die Ausgangssignale der vier Oszillatoren führt dann ein Hochfrequenz-Umschaltglied (5) zusammen. Dieses auch SPMT (Single Pole Multi Throw) genannte Umschaltelement ist als PIN-Diodenschalter realisiert und gibt das Signal vom ausgewählten Eingang zum Signalausgang weiter. 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-Stuerstromes veränderbar ist. Durch geschickte Verschaltung solcher PIN-Dioden wird hier ein solcher SPMT mit vier Eingängen und einem Ausgang realisiert.

Die im Signalweg folgende Pegelregelung kompensiert die Pegelschwankungen

der Oszillatoren, die diese über ihren Abstimmbereich besitzen, und die Pegelunterschiede zwischen den einzelnen Oszillatoren. Die Regelung besteht aus dem PIN-Dioden-Netzwerk (6) als Stellglied und dem eigentlichen Regler (11). Den Istwert, d. h. die Information über die Höhe des aktuellen HF-Signalpegels, erhält der Regler von der Detektorschaltung (10). Eine spezielle Zero-Bias-Detektordiode liefert hier eine dem HF-Pegel proportionale Gleichspannung, die dann dem Regler als Istwert zugeführt wird. Durch Verändern des Steuerstromes ändert sich die Dämpfung des PIN-Dioden-Netzwerkes so weit, bis Soll- und Istwert übereinstimmen.

Der konstante Pegel am Ausgang des PIN-Dioden-Netzwerkes gelangt auf die als regelbarer Verstärker gezeichnete Stufe (7). Diese besteht im Einzelnen aus einem HF-Verstärkerbaustein und einem nachgeschalteten PIN-Dioden-Netzwerk. Der Verstärker sorgt hier für eine Pegelanhebung um etwa 26 dB, während der Baustein mit den integrierten PIN-Dioden bei Bedarf die Amplitudenmodulation vornimmt und somit auch mit dem Modulationssignal „U_{Mod}“ versorgt wird.

Nach dieser Vorverstärkung folgt im Signalweg ein Leistungsteiler (8), der aufgrund des großen Frequenzbereiches als resistiver Teiler ausgeführt sein muss. Die Linearität im Frequenzgang erkaufte man sich dabei aber mit 6 dB Einfügungsdämpfung. Hier wird das HF-Signal auf zwei Signalwege aufgeteilt, einer führt das Signal zum Ausgang, während der andere im zweiten identisch aufgebauten Teiler (15) nochmals gesplittet wird. Von hier beziehen die Detektorschaltung der Amplitudenregelung und der Vorteiler des Frequenzzählers ihre Signale.

Im Signalweg zum Ausgang folgt dem Leistungsteiler der Block „HF-Endstufe“ (12), der neben einem Verstärker auch einen Teil der PegelEinstellung mit beinhaltet. Auch hier kommt ein PIN-Dioden-Netzwerk zum Einsatz. Dieser Regler ermöglicht dann die stufenlose Einstellung des Signalpegels. Da die Dämpfung, die ein solches Netzwerk realisiert, mit zunehmendem Dämpfungswert frequenzabhängig wird, ist auch die maximal erreichbare Pegeländerung von der Signalfrequenz abhängig. Im Frequenzbereich bis 100 MHz wird die einstellbare Pegeldifferenz etwa 45 dB betragen, während sie sich oberhalb dieser Marke bis auf etwa 30 dB verringert.

Der nachfolgende HF-Verstärker macht die endgültige Pegelanhebung auf den Maximalwert. Hierbei handelt es sich um einen speziellen integrierten HF-Verstärker, einen so genannten MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit), der bereits ein- und ausgangsseitig auf den

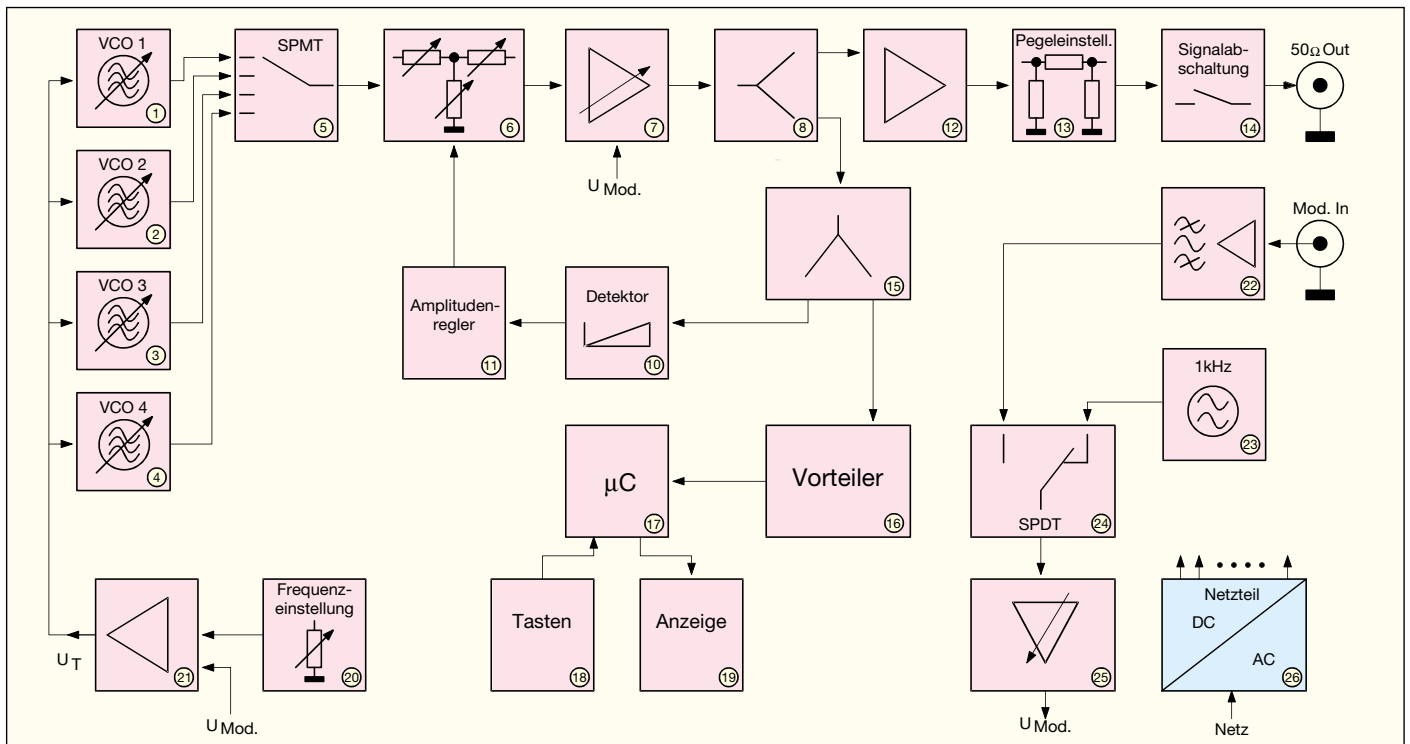


Bild 1: Blockschaltbild des HFG 9300

50-Ω-Systemwellenwiderstand angepasst ist.

Der zweite Teil der Signalpegeleinstellung besteht aus einem 30-dB-Festdämpfungsglied (13). Dieses reduziert bei Bedarf den Ausgangspegel nochmals. Bei einem HF-Signalgenerator ist nicht nur der maximale Ausgangspegel ein wichtiger Parameter, sondern auch der kleinste einstellbare Signalpegel ist ein wichtiges Leistungsmerkmal. Den Maximalpegel, der üblicherweise im Bereich von 0 dBm liegt, benötigt man z. B. für Frequenzgangtests an Filterstufen etc. Steht aber beispielsweise die Prüfung der Eingangsempfindlichkeit eines Empfängers an, müssen auch kleine Signalpegel verfügbar sein. Sollte der minimale Pegel des HFG 9300 nicht ausreichen, so kann aber auch leicht mit zusätzlichen externen Dämpfungsgliedern nachgeholfen werden.

Als letzte Stufe befindet sich die Signalabschaltung (14) im Signalweg. Hier kann der interne Signalweg vom Ausgang getrennt werden, wobei die Ausgangsbuchse dann über 50 Ω an Masse liegt. Eine kleine Durchgangsdämpfung und eine große Off-Isolation über einen Frequenzbereich, der den Signalbereich von 10 MHz bis 300 MHz weit überschreitet, sind die an diesen Umschalter gestellten Anforderungen. Eine solche Abschaltung, die oftmals beim Testen von HF-Verstärkern benötigt wird, soll nicht nur das HF-Ausgangssignal abschalten, sondern im abgeschalteten Zustand über einen möglichst großen Frequenzbereich einen relativ guten 50-Ω-Abschlusswiderstand an der Buchse nachbilden. Die

daraus resultierenden Anforderungen an das Umschaltetelement führen dazu, dass zur Realisierung ein spezielles Hochfrequenz-Relais gewählt werden muss. Dies gewährleistet eine möglichst geringe Beeinflussung des Ausgangssignales und im Aus-Zustand eine gute Nachbildung des Systemwellenwiderstandes bis in den GHz-Bereich an der Buchse.

Damit ist die Beschreibung des Signalweges abgeschlossen. Das Zusammenwirken der noch fehlenden Schaltungsteile kann im Folgenden davon losgelöst betrachtet werden. Am Modulationseingang werden die Signale zur externen Amplituden- und Frequenzmodulation zugeführt. Dem Signaleingang folgt ein Bandpass (22), der den Bereich der Modulationssignale auf 10 Hz bis 100 kHz einschränkt. Um unabhängig von weiteren extern zuzuführenden Signalquellen zu sein, besitzt der HFG 9300 auch einen internen Sinusgenerator (23). Dieser arbeitet bei 1 kHz und ist als besonders klirrarmer Wien-Robinson-Oszillator aufgebaut. Mit Hilfe der Umschaltung (24) erfolgt die Auswahl der Modulationssignalquelle. Die nachfolgende Verstärkerstufe (25) dient nur noch zur Pufferung bevor das Modulationssignal „U_{Mod.}“ auf die entsprechenden Stufen geht, die dann das HF-Signal letztendlich modulieren.

Das Arbeitsprinzip dieses Hochfrequenz-Generators beruht auf frei schwingende Oszillatoren. Dies bedeutet, dass diese in keinsten Form eine intern gesteuerte Frequenzkorrektur erfahren. Nur mit Hilfe der beiden Potentiometer zur Frequenzeinstel-

lung kann hier manuell eingegriffen werden.

Um bei einem solchen Prinzip die Signalfrequenz anzeigen zu können, muss ein separater Frequenzzähler implementiert werden. Kernstück des Zählers ist der Prozessor, der ein Teil des mit „µC“ betitelten Blockes (17) ist. Da man mit einem Prozessor die HF-Signale, so wie sie der HF-Schaltungsteil liefert, nicht verarbeiten kann, muss ein Vorteiler (16) die Anpassung zwischen dem analogen HF-Teil und dem Digitalteil übernehmen. Hier werden Pegel und Frequenz so gewandelt, dass der Prozessor die aktuelle Frequenz des Ausgangssignales ermitteln kann.

Weitere Aufgaben des Prozessorteiles sind die Auswertung der Bedientasten (18) und die Ansteuerung der Anzeige (19). Auch alle geräteinternen Schalthandlungen, wie die Umschaltung zwischen den Oszillatoren oder die Wahl der Modulationsparameter, werden vom Prozessor ausgeleitet. Als letztes Element des Blockschaltbildes bleibt noch das integrierte Netzteil (26). Dieses versorgt alle Schaltungsteile mit passender Betriebsspannung. Da Schaltungen der HF-Technik eine extrem schnelle Signalverarbeitung voraussetzen, ist ihr Strombedarf entsprechend hoch - dementsprechend ist somit auch das Netzteil ausgelegt.

Damit ist die Beschreibung des Funktionsprinzipes anhand des Blockschaltbildes abgeschlossen.

Im zweiten Teil des Artikels wenden wir uns dann der detaillierten Schaltungsbeschreibung des HFG 9300 zu.