

# 1000MHz-Hochfrequenz-Generator HFG 9000

**Mit der detaillierten Schaltungsbeschreibung der Amplitudenregelung, des HF-Endverstärkers und der Eichleitung befaßt sich der dritte Teil dieses Artikels.**

## Amplitudenregelung

Um einen konstanten Ausgangspegel über den gesamten Frequenzbereich gewährleisten zu können, ist im HFG 9000 eine Amplitudenregelung implementiert. Diese regelt die Amplitudenschwankungen der HF-Oszillatoren im Frequenzbereich 10 MHz bis 1 GHz aus. Die Regelung der Signalamplitude ist hier notwendig, da die Ausgangspegel der einzelnen HF-Oszillatoren unterschiedlich sind und sich die Ausgangssignalamplitude über den Abstimmbereich eines VCO ändert. Die Amplitudenregelung sorgt dafür, daß diese Pegelschwankungen kompensiert werden und das Signal mit konstanter Amplitude für die weitere Verarbeitung zur Verfügung steht.

Im Frequenzbereich 0,1 Hz bis 10 MHz ist keine Regelung der Amplitude notwendig, da der hier zur Signalerzeugung verwendete Funktionsgenerator-Baustein MAX038 bereits eine konstante Signalamplitude liefert.

Die schaltungstechnische Realisierung der Amplitudenregelung ist in Abbildung 4 dargestellt. An MP 10 liegt das Aus-

gangssignal des SPMT, d. h. die Signale der einzelnen Oszillatoren, als Eingangssignal der Regelschaltung an. Das Signal gelangt dann über das PIN-Dioden-Netzwerk IC 3, den regelbaren HF-Verstärker IC 4 und den Leistungsteilern aus R 98, R 104 und R 105 auf den Leistungsmesser.

Dieser Dioden-Detektor bestehend aus D 150 und IC 7 mit Beschaltung dient als Ist-Wert-Geber für die Amplitudenregelung. Seine Ausgangsspannung  $U_{Ist}$  ist proportional der anliegenden HF-Leistung. Diese Ist-Wert-Spannung wird verstärkt und dem Regler IC 8 zugeführt, der sie mit der Soll-Wert-Vorgabe  $U_{Soll}$  vergleicht. Ergibt sich aus den Eingangsspannungen des Reglers eine Regeldifferenz, d. h.  $U_{Ist} \neq U_{Soll}$ , so wird die Stellgröße verändert. Diese Stellgröße, die Steuerspannung „UST“, steuert das PIN-Dioden-Netzwerk IC 3 als Stellglied der Regelung. Die Dämpfung dieses PIN-Dioden-Netzwerkes wird über die Regelspannung „UST“ so weit verändert, bis die Regelabweichung zu Null wird, d. h.  $U_{Soll} = U_{Ist}$ . Die Regelung wird die Schwankungen des Eingangssignales auf diese Weise ausregeln und für einen konstanten Ausgangspegel an MP 7 sorgen.

Die Frequenzgänge des HF-Verstärkers IC 4 und der Leistungsteiler werden durch die Regelung ausgeregelt, da sie innerhalb der Regelschleife liegen. Alle Komponenten, die im Signalweg zum HF-Ausgang des Generators hinter MP 7 liegen, werden von der Regelung nicht mehr beeinflußt. Die Schwankungen im Frequenzgang, die von MP 7 bis zum HF-Ausgang auftreten werden somit nicht ausgeregelt und treten als Pegelschwankungen des Ausgangssignales in Erscheinung. Um eine gute Pegelkonstanz zu erreichen sind die Schaltungsteile bis zum Ausgang bestehend aus HF-Verstärker, Signalzusammenführung, Eichleitung und Signalabschaltung hinsichtlich eines möglichst ebenen Frequenzganges optimiert.

Die Detektorschaltung im HFG 9000 dient als Ist-Wert-Geber für die Amplitudenregelung. Die Amplitudenkonstanz des Ausgangssignales wird wesentlich durch die Genauigkeit der HF-Leistungsmessung bestimmt. Daher ist es notwendig, eine präzise Erfassung der anliegenden HF-Leistung zu erreichen. Die HF-Leistungsmessung erfolgt hier mit einem Dioden-Detektor.

Bei der Realisierung der Schaltung kommt der Auswahl der Detektor-Diode eine besondere Beachtung zu. Die gesamte Detektorschaltung soll möglichst einfach aufgebaut sein, aber dennoch präzise Werte liefern. Hierfür ist ein sog. Zero-Bias-Detektor eine gute Lösung. Als Diode wird die Zero-Bias-Detektor-Diode vom Typ HSMS2850 eingesetzt, da sich hiermit aufgrund des hohen Sättigungsstromes von  $I_s = 3\text{mA}$  und des damit verbundenen kleinen differentiellen Widerstandes  $r_v = 9\text{k}\Omega$  gute Detektor-Eigenschaften ohne Vorstrom (Zero-Bias) ergeben.

Bei der Entwicklung einer solchen Detektorschaltung muß großer Wert auf eine gute Anpassung gelegt werden. Eine Fehlanspassung führt zu Meßfehlern, da aufgrund von Reflexionen nicht die gesamte vorlaufende Leistung für die Leistungsmessung zur Verfügung steht.

In schmalbandigen Anwendungen kann durch ein reaktives, verlustarmes Anpaß-

netzwerk eine gute Anpassung der Detektorschaltung bei optimaler Empfindlichkeit erreicht werden.

In dieser Anwendung muß ein großer Frequenzbereich von 10 MHz bis 1 GHz bei gleichbleibenden Detektor-Eigenschaften überstrichen werden. Es ist eine breitbandige Anpassung notwendig. Diese ist hier in Form einer Zwangsanspassung mit einem  $50\Omega$ -Abschluß aus  $R\ 170 \parallel R\ 171$  ausgeführt. Der in Reihe zur Diode liegende Widerstand  $R\ 172$  reduziert den Einfluß der parasitären Induktivität und Kapazität der Diode auf den Eingangsreflexionsfaktor, was sich insbesondere bei hohen Frequenzen positiv auswirkt. Außerdem bewirkt das mit  $R\ 172$  und  $C\ 181$  erzeugte Tiefpaßverhalten eine Linearisierung des Frequenzganges der Detektorschaltung.

Für einen möglichst ebenen Frequenzgang der Übertragungskennlinie des Detektors ist weiterhin eine sehr gute breitbandige Blockung des Ausgangs notwen-

dig. Da in der Diode HF-Ströme bis weit in den GHz-Bereich auftreten, muß hier eine gestaffelte Blockung bestehend aus mehreren verschiedenen Kapazitätswerten eingesetzt werden.

Damit die Ausgangsspannung der Detektorschaltung ein Abbild der einlaufenden HF-Leistung ist, darf der Eingangsspiegel am Detektor nicht so groß sein, daß der quadratische Bereich der Dioden-Kennlinie verlassen wird. Da aber bei diesen kleinen Eingangsspiegeln  $< -15\text{dBm}$  die Detektor-Diode nur sehr kleine Richtspannungen liefert, sind bei der nachfolgenden Verstärkerschaltung einige Eigenschaften besonders zu beachten.

Neben der realisierten Verstärkung von  $V_U = 101$  spielt bei diesen kleinen Signalspannungen die Rauschcharakteristik des Verstärkers eine große Rolle. So wird hier mit IC 7 ein Low-Noise-OPV vom Typ OP 07 eingesetzt. Da der Verstärker als reiner DC-Verstärker arbeitet, wird durch die Ein-

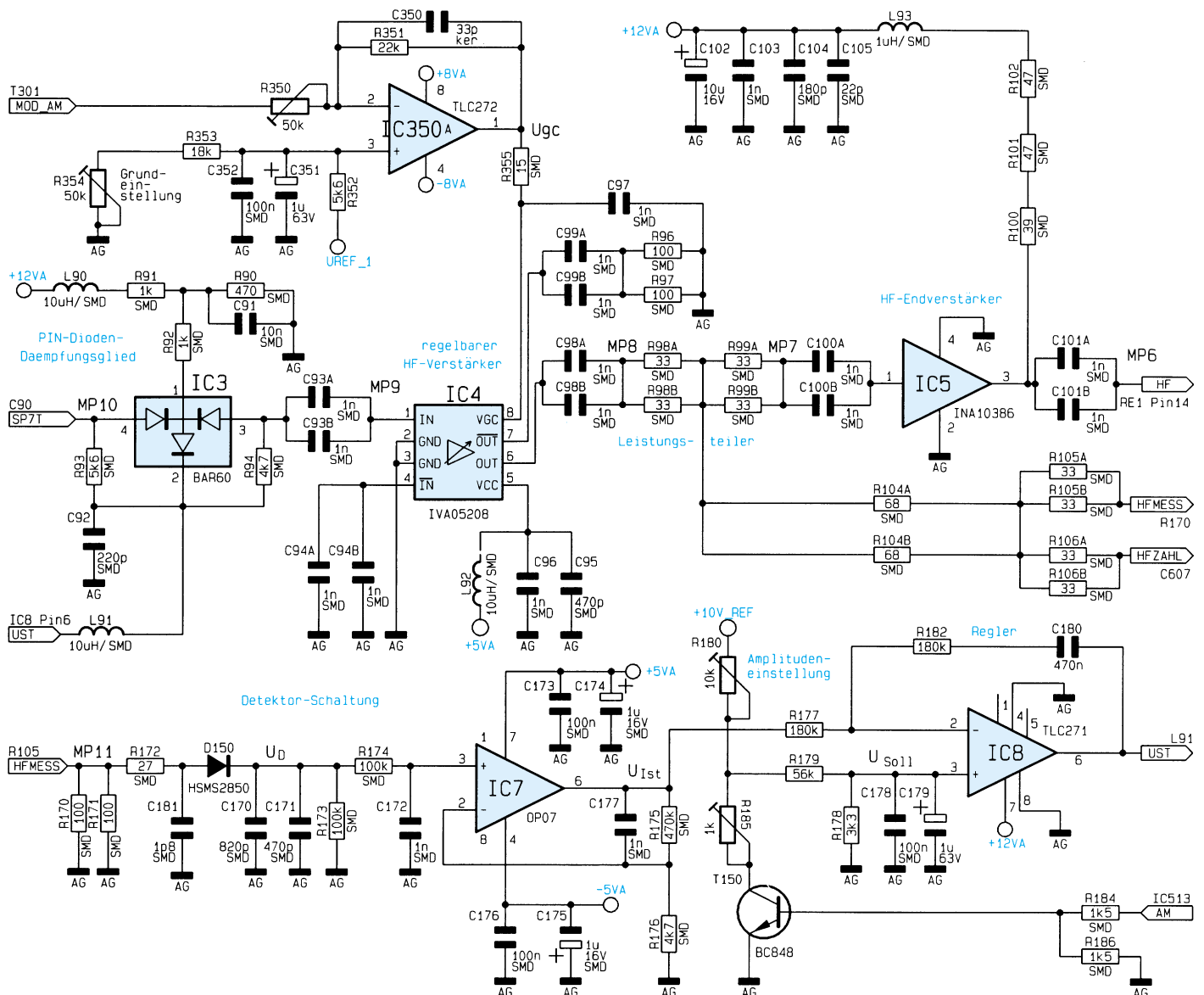


Bild 4: Amplitudenregelung und HF-Verstärker

engung der Bandbreite das Rauschen weiter minimiert. Neben einer kleinen Offset-Spannung ist eine kleine Offset-Spannungsdrift der Verstärkerschaltung eine weitere wichtige Voraussetzung.

Die eigentliche Regelung wird mit dem Operationsverstärker IC 8 durchgeführt. Dieser ist als leicht abgewandelter PI-Regler beschaltet, wobei R 177, R 182 und C 180 das Regelverhalten bestimmen.

Die allgemeinen Dimensionierungsregeln für die Regelparameter eines PI-Reglers können nur eingeschränkt angewandt werden, da hier innerhalb der Regelstrecke mit IC 4 die Amplitudenmodulation ausgeführt wird. Die Regelparameter, d. h. die Dimensionierung von R 177, R 182 und C 180, ist hier dahingehend optimiert, daß sich eine größtmögliche Regelgeschwindigkeit bei minimierter Modulationsverzerrung der AM ergibt.

Diese Reglerschaltung hat die Aufgabe, die Regelstrecke über ein Stellglied so anzusteuern, daß die Regelabweichung möglichst schnell und genau zu Null wird. Diese Regelabweichung, d. h. die Differenz zwischen Soll- und Ist-Wert wird hier direkt am Eingang des Operationsverstärkers IC 8 gebildet. Da kleinste Schwankungen des Soll-Wertes zu HF-Pegelschwankungen führen, wird die Soll-Wert-Vorgabe aus der hochstabilen, rauscharmen Referenzspannungsquelle  $U_{+10\_Vref}$  gespeist. Über einen abgleichbaren Spannungsteiler wird aus der Referenzspannungsquelle der Soll-Wert erzeugt.

Für die Amplitudenmodulation ist eine Absenkung des Ausgangspegels nötig, um eine genügend große Modulation ohne Signalverzerrungen erzeugen zu können. Diese Signalpegelabsenkung wird durch die Reduzierung des Soll-Wertes erzeugt. Ohne Amplitudenmodulation ist der Spannungsteiler aus R 180, R 179 und R 178 aktiv.

Wird die Amplitudenmodulation mit der Schaltspannung „AM“ eingeschaltet, sorgt T 150 dafür, daß R 185 den Spannungsteiler zusätzlich beeinflusst. Um den Ausgangspegel der Regelschaltung an MP 7 auf die Nominalwerte mit und ohne Amplitudenmodulation einstellen zu können, sind die Soll-Werte mit Hilfe von R 180 und R 185 abgleichbar.

Das einstellbare Dämpfungsglied IC 3 arbeitet als Stellglied der Regelung. Über die Dämpfung dieses PIN-Dioden-Netzwerkes vom Typ BAR60 wird die HF-Signalamplitude auf einen konstanten Wert ausgeregelt. Die Einstellung der Dämpfung erfolgt über einen Steuergleichstrom. Durch geschickte Ansteuerung der integrierten PIN-Dioden wird hier ein ein- und ausgangsseitig angepaßtes Dämpfungsglied in T-Schaltung erzeugt, dessen Dämpfung durch die Variation des Steuergleich-

stromes in einem Bereich von  $\Delta a \geq 25$  dB eingestellt werden kann.

Der Regelbereich, d. h. die maximale Pegelschwankung am Eingang der Regelstrecke (MP 10), die noch von der Regelung kompensiert werden kann, wird durch den Einstellbereich des Stellgliedes, des PIN-Dioden-Dämpfungsgliedes, vorgegeben.

Die hier realisierte Schaltung besitzt einen Regelbereich von 30 dB bei  $f = 500$  MHz, d. h. der Eingangspegel an MP 10 darf zwischen -26 dBm und +4 dBm liegen, ohne daß sich eine Änderung des Ausgangssignalpegels des HFG 9000 ergibt.

### HF-Verstärker

Der maximale Ausgangspegel des HFG 9000 beträgt  $L_P = +7$  dBm. Um diesen Pegel am Ausgang erreichen zu können, muß an der Signalzusammenführung für das NF- und HF Signal ein Pegel von  $L_P = +9$  dBm anliegen. Mit den 2 dB Einfügungsdämpfung der Eichleitung (Dämpfung der Eichleitung, wenn 0 dB Dämpfung eingestellt ist), wird dann der geforderte Maximal-Pegel erreicht. Um im Frequenzbereich 10 MHz - 1 GHz diesen geforderten Pegel einstellen zu können, müssen die beiden Verstärkerstufen IC 4 und IC 5 insgesamt eine Verstärkung von 48 dB liefern.

Der regelbare HF-Verstärker IC 4 arbeitet als Vorverstärker, und über seinen Steuereingang wird zusätzlich die Amplitudenmodulation durchgeführt. Dieser Verstärker vom Typ IVA05208 ist in der Lage eine Verstärkung von typischen 30 dB über einen Frequenzbereich von DC bis 1,5 GHz (-3 dB) zu erreichen. Mit einer Steuerspannung von 0 bis 4,2 V am Eingang „VGC“ kann die Verstärkung im Bereich von 0 bis 30 dB eingestellt werden. Dieser Stellbereich ist ausreichend für 80% Modulationsgrad bei Amplitudenmodulation.

Der Verstärker besitzt einen Differenzeingang und -ausgang, wird jedoch in dieser Anwendung im Single-Ended Mode betrieben. In der Grundeinstellung arbeitet der Verstärker mit einer Steuerspannung von  $U_{gc0} = 3,59$  V, womit sich eine Verstärkung von 22 dB ergibt.

Die Amplitudenmodulation wird durch die Änderung der Verstärkung des IVA05208 erzeugt. Dazu wird der Steuerspannung  $U_{gc}$  ein in der Amplitude entsprechend dem Modulationsgrad angepaßtes Modulationssignal überlagert. Diese Steuerspannung wird dem HF-Verstärker über den OPV IC350A zugeführt. Über R 354 kann hier die Grundeinstellung ohne AM mit  $U_{gc0} = 3,59$  V vorgegeben werden. Bei aktiver Amplitudenmodulation wird dem OPV über den Eingang „MOD\_AM“ das NF-Signal zugeführt.

Als HF-Endverstärker wird aufgrund der einfachen Handhabung ein MMIC Gain-Block eingesetzt. In einem solchen MMIC (Monolithic Microwave IC) sind komplette mehrstufige Verstärker integriert, die ein- und ausgangsseitig auf  $50 \Omega$  angepaßt sind und somit keine aufwendigen Anpaßschaltungen benötigen. Der hier verwendete HF-Endverstärker IC 5 ist ein MMIC Gain-Block vom Typ INA10386. Dieser besitzt eine Verstärkung von 26 dB über einen Frequenzbereich von DC - 1,8 GHz (-3 dB). Der ebene Frequenzgang dieses Verstärkers ist hier besonders wichtig, da die Schwankungen im Frequenzgang des Verstärkers direkt am Ausgang des HFG 9000 wirksam werden.

Die Beschaltung des INA10386 ist in Abbildung 4 dargestellt. Über den Ausgang des Verstärkers wird die Gleichspannungsversorgung zugeführt. Aufgrund der hohen Verlustleistung am Bias-Widerstand ist dieser hier mit drei diskreten Widerständen, R 100, R 101 und R 102, realisiert.

Dem Platinenlayout gilt bei diesem Verstärker besondere Beachtung. Hier treten bei ungünstigem Aufbau vor allem Auswirkungen auf den Eingangs- und Ausgangsreflexionsfaktor auf, die so weit führen können, daß der Verstärker zu schwingen beginnt. Als besonders kritisch sind dabei die Masse-Durchkontaktierungen von der Masse-Unterseite (Groundplane) zu den beiden Masseanschlüssen des Bauteils zu sehen. Werden hier nur kleine Induktivitäten wirksam, so verschlechtert sich der Eingangsreflexionsfaktor stark.

Um gute Reflexionsfaktoren und einen möglichst ebenen Frequenzgang zu erhalten, sind bei diesem Verstärker entsprechende Maßnahmen im Platinenlayout getroffen worden.

### Signalzusammenführung

Das Signal vom HF-Bereich 10 MHz - 1 GHz liegt am Ausgang des HF-Verstärkers IC 5 (MP 6) an und das NF-Signal im Frequenzbereich 0,1 Hz bis 10 MHz am Ausgang von IC 12 (MP 14). Um diese beiden Frequenzbereiche auf einen Signalausgang zusammenzuführen, ist eine Umschaltung zwischen den Signalquellen nötig. Die Anforderungen an einen solchen Umschalter sind der große Frequenzbereich von praktisch DC bis 1 GHz, die möglichst kleine und über der Frequenz konstanten Einfügungsdämpfung für den aktiven Signalweg sowie eine hohe Dämpfung zur abgeschalteten Signalquelle.

Hierfür wurde die Lösung mit einem hochwertigen HF-Relais RE 1, zur Umschaltung zwischen den Signalquellen „HF“ und „NF“ an Pin 8 und Pin 14, gewählt.

Die Ansteuerung des Relais erfolgt mit der zuständigen Steuerleitung „HF\_ON“ über die Treiberstufe T 113.

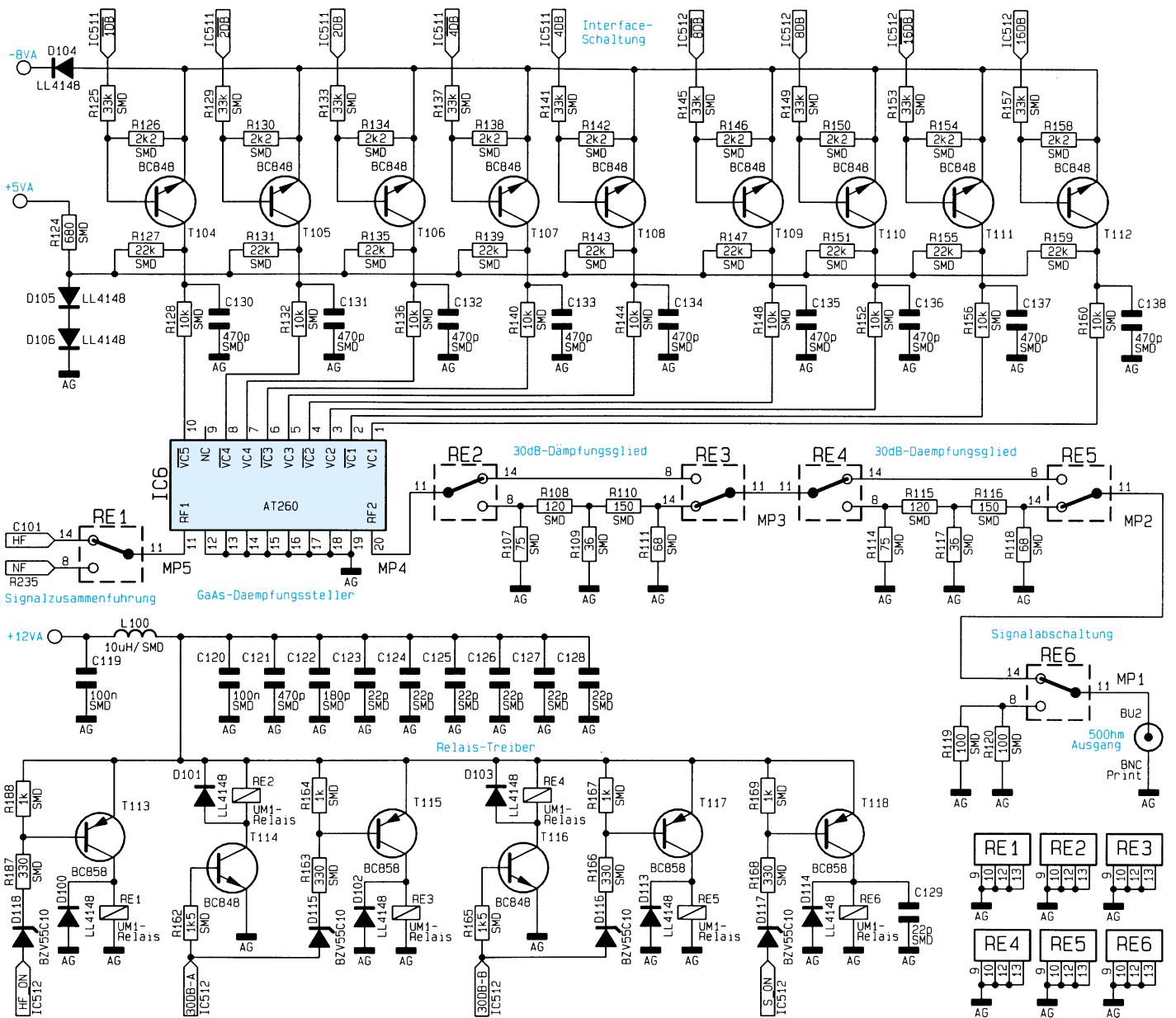


Bild 5 : Eichleitung und Signalabschaltung

**Eichleitung**

Am Ausgang der Signalzusammenführung stehen die Signale im gesamten Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 1 GHz mit einem konstanten Pegel zur Verfügung. Zur Einstellung des Signalpegels wird im HFG 9000 ein in Stufen umschaltbares Dämpfungsglied, eine Eichleitung, eingesetzt. Diese Eichleitung ermöglicht es, die Dämpfung in 1 dB Schritten zu verändern und so den Ausgangspegel zu steuern. Der Pegelbereich, den der HFG 9000 abdecken kann, erstreckt sich von +7 dBm bis -84 dBm, d. h. es muß eine Dämpfung von 91 dB eingestellt werden können. Die schaltungstechnische Realisierung der Eichleitung ist in Abbildung 5 dargestellt.

Die Eichleitung ist mit zwei konventionellen Dämpfungsgliedern in Doppel- $\pi$ -

Schaltung mit je 30dB-Dämpfung und einem GaAs-Dämpfung-IC (GaAs-Step-Attenuator) aufgebaut.

Bei der Realisierung einer Eichleitung mit über 90dB-Dämpfung muß darauf geachtet werden, daß das Eingangssignal der Eichleitung nicht über andere Wege an den Signalausgang gelangt. Vor allem die Versorgungs- und Schaltspannungen der Relais stellen eine kritische Verbindung zwischen den einzelnen Dämpfungs- und Schaltstufen her. Daher muß hier besonders auf ein gute Blockung dieser Spannungen geachtet werden.

Die 30dB-Dämpfungsglieder in Doppel- $\pi$ -Schaltungen sind mit R 107 bis R 111 und R 114 bis R 118, sowie den Umschaltelementen RE 2 und RE 3, bzw. RE 4 und RE 5, aufgebaut. Die 30dB-Dämpfungen sind aufgeteilt in ein 16dB-

und ein 14dB-Dämpfungsnetzwerk. Aus den Bestimmungsgleichungen für die Widerstandswerte  $R_1 = Z_w \cdot (1/\tanh(a/2))$  und  $R_2 = Z_w \cdot \sinh(a)$  mit  $Z_w = 50\Omega$  und  $a \approx a \text{ dB} / 8,686 \text{ dB}$  ergeben sich die angegebenen Bauteilwerte. Zur Verbesserung der Dämpfungswerte im oberen Frequenzbereich sind die beiden Teildämpfungsglieder noch durch eine Abschirmwand voneinander getrennt, um so die Kopplung vom Eingang auf den Ausgang zu minimieren.

Als Umschaltelemente für die Dämpfungsglieder werden auch hier hochwertige HF-Relais eingesetzt. Diese Relais RE 2 bis RE 5 zeichnen sich durch eine kleine Einfügungsdämpfung und eine große Übersprechdämpfung aus. So ist ein ebener Frequenzgang im ein- und ausgeschalteten Zustand des Dämpfungsgliedes gewährleistet.

Die Ansteuerung der Relais erfolgt über den Mikrocontroller. Die Schaltspannungen zur Aktivierung der Dämpfungsglieder „30 dB-A“ und „30 dB-B“ werden den entsprechenden Treiberstufen zugeführt. Aus Layoutgründen werden die Relais RE 2 und RE 4 über die Low-Side-Treiber T 114 und T 116 geschaltet, während RE 3 und RE 5 über die High-Side-Treiberstufen T 115 und T 117 angesteuert werden.

Für die Einstellung der kleinen Dämpfungswerte wird ein integriertes Dämpfungsglied vom Typ AT 260 verwendet. Dieser GaAs-Step-Attenuator IC 6 kann Dämpfungen von 0dB bis 31 dB in 1dB-Schritten einstellen.

Intern besteht das IC aus GaAs-MES-FETs als Umschaltelemente und passiven Widerstandsnetzwerken, die die Dämpfung erzeugen. Es sind so 5 Dämpfungsglieder mit 1 dB, 2 dB, 4 dB, 8 dB und 16 dB Dämpfung implementiert.

Zur Aktivierung der internen Dämpfungsglieder werden die internen GaAs-FETs entsprechend angesteuert. Hierzu müssen an den zugehörigen komplementären Steuereingängen „VCx“ und „V̄Cx“ die Schaltspannungen +1,6 V und -7 V erzeugt werden. Die logische Zuordnung ist: +1,6 V = „low“ und -7 V = „high“.

Um die den logischen Zuständen entsprechenden Spannungspegel an den Steuereingängen erzeugen zu können, ist eine Interface-Schaltung erforderlich, die die zur Verfügung stehenden TTL-Pegel

in die Logikpegel des AT 260 konvertiert.

Diese Interfaceschaltung ist mit den Transistoren T 104 bis T 112 und Beschaltung diskret aufgebaut. Die Ansteuerung erfolgt vom Mikrocontroller mit den Schaltspannungen „xDB“ bzw. „x̄DB“. Das Interface ist so ausgelegt, daß die logische Zuordnung der Steuersignale beibehalten wird, d. h. „xDB“ = „high“ (TTL-Pegel) ⇒ „VCx“ = „high“ (AT260).

Die Einstellung der Dämpfung erfolgt über den Mikrocontroller. Dieser wertet die von den Bedienelementen kommende Information über den gewünschten Ausgangspegel aus.

Er bestimmt aus dem gewählten Ausgangspegel die Dämpfung, die eingestellt werden muß, um den maximal möglichen Ausgangspegel von +7dBm auf den gewählten Pegel abzuschwächen. Die Steuerspannungen „1 dB“, „2 dB“, „2̄ dB“, „4 dB“ bis „30 dB-A“ und „30 dB-B“ werden dann entsprechend eingestellt und so die erforderliche Dämpfung erzeugt.

### Signalabschaltung


Um das Ausgangssignal mit einem Tastendruck von der Ausgangsbuchse trennen zu können, ist mit dem HF-Relais RE 6 eine Signalabschaltung aufgebaut. Im Normalbetrieb wird das Ausgangssignal durch die Einfügungsdämpfung des Relais von  $a_{\text{Ein}} \leq 0,2 \text{ dB}$  kaum beeinflusst. Soll das Ausgangssignal abgeschaltet werden, so

schaltet das Relais die Ausgangsbuchse über einen 50Ω-Widerstand an Masse. Die interne Signalquelle des Hochfrequenz-Generators läuft im Leerlauf. Die Isolationsdämpfung des Relais ist dann wirksam.

Das Umschalten der Ausgangsbuchse über einen 50Ω-Widerstand an Masse ist bei fast allen HF-Generatoren üblich. Dies hat den Vorteil, daß die am Ausgang angeschlossene Schaltung (Leitung) in diesem Zustand weiterhin mit ihrem 50Ω-Wellenwiderstand abgeschlossen wird. Der Abschlußwiderstand wurde aufgrund der höheren Belastbarkeit aus einer Parallelschaltung von R 119 und R 120 aufgebaut. So darf dem Ausgang im abgeschalteten Zustand eine maximale Leistung von +24 dBm ( $250 \text{ mW} \approx 3,5 \text{ V an } 50 \Omega$ ) zugeführt werden.

Die Ansteuerung des Relais RE 6 erfolgt über den Treiber T 118, der durch den Prozessor über die Steuerspannung „S\_ON“ angesprochen wird.

Um die Dämpfung des Signales bei der Signalabschaltung noch weiter zu erhöhen, werden die beiden 30dB-Dämpfungsglieder der Eichleitung zusätzlich eingeschaltet. So wird eine max. Unterdrückung des Quellensignales von  $a_{\text{Aus}} > 100\text{dB}$  erreicht.

Damit ist die Beschreibung des Signalweges abgeschlossen, und wir wenden uns im nächsten Teil dieses Artikels der Modulationssignalaufbereitung, dem Digitalteil und dem Netzteil zu. 

### Belichtungsvorgang

Zur Erzielung einer optimalen Qualität und Konturenschärfe bei der Herstellung von Leiterplatten mit den ELV-Platinenvorlagen gehen Sie bitte wie folgt vor:

1. Die transparente Platinenvorlage so auf die fotopositiv beschichtete Platine legen, daß die bedruckte Seite zur Leiterplatte hinweist, d. h. die auf der Vorlage aufgedruckte Zahl ist lesbar (nicht seitenverkehrt).
2. Glasscheibe darüberlegen, damit sich ein direkter Kontakt zwischen Platinenvorlage und Leiterplatte ergibt.
3. Belichtungszeit: 3 Minuten (1,5 bis 10 Minuten mit 300Watt-UV-Lampe bei einem Abstand von 30 cm oder mit einem UV-Belichtungsgerät).

### Achtung:

Bitte beachten Sie beim Aufbau von Bausätzen die Sicherheits- und VDE-Bestimmungen. Netzspannungen und Spannungen ab 42 V sind lebensgefährlich. Bitte lassen Sie unbedingt die nötige Vorsicht walten und achten Sie sorgfältig darauf, daß spannungsführende Teile absolut berührungssicher sind.

|          |                                |
|----------|--------------------------------|
| 9661310A | TM8                            |
| 9711343A | Experimentierboard MAX 038     |
| 9711339A | Mini-Sattester                 |
| 9711340A | NF-Stereo-Aussteuerungsanzeige |
| 9711341A | I <sup>2</sup> C-AD-DA-Board   |
| 9711345A | DTMF-Decoder                   |
| 9711351A | Loudness-Schaltung             |
| 9711352A | 8-Bit-Sender                   |
| 9711353A | 8-Bit-Empfänger                |