



1,5 GHz - Regelbarer HF-Verstärker RFA 402

Der RFA 402 ist ein HF-Verstärker in 50Ω-Technik mit manuell oder elektronisch einstellbarer Verstärkung. Den weiten Einsatzbereich dieser Schaltung gewährleisten die hohe Verstärkung von 28 dB (typ.) in Verbindung mit einem Regelbereich von 30 dB, der weite Frequenzbereich bis hin zu 1,5 GHz und das robuste Metallgehäuse.

Allgemeines

Viele Verstärkungsaufgaben lassen sich in der HF-Technik nicht durch Verstärker mit festem Verstärkungsfaktor, wie z. B. dem RFA 401, bewältigen. Diese Verstärker sind überall dort sinnvoll eingesetzt, wo der benötigte Verstärkungswert exakt vorhergesagt werden kann oder wo es nur um eine möglichst große Verstärkung geht. Oftmals ist es aber notwendig, eine Vorverstärkung durchzuführen, bei der nicht der absolute Wert der Verstärkung im Vordergrund steht, sondern ein ganz bestimmter Wert exakt getroffen werden soll. In einer solchen Anwendung können zwar

Festverstärker mit einer anschließenden Präzisionsdämpfung eingesetzt werden, der Aufwand für eine solche Konstruktion ist jedoch sehr hoch. Sinnvoller ist dann der Einsatz eines regelbaren HF-Verstärkers.

Ein HF-Verstärker mit einstellbarer Verstärkung, wie der hier vorgestellte RFA 402, ermöglicht es, den Ausgangspegel zu variieren. Beim RFA 402 überzeugen die in der Tabelle zusammengefaßten sehr guten technischen Daten. Weitere Merkmale sind die einfache Installation aufgrund der Ausführung aller Anschlüsse über Steckverbinder und das robuste Metallgehäuse - die universelle Einsetzbarkeit ist gewährleistet.

Für eine solche HF-Schaltung gibt es zahllose Anwendungsfälle. Ein typisches

Einsatzgebiet des ELV RFA 402 ist die Ansteuerung einer HF-Endstufe. Hier ist zur Ausnutzung aller Leistungsreserven der Endstufe die Ansteuerung mit Nenn-eingangsspegel unumgänglich. Bei gegebenem Pegel einer Signalquelle muß die Verstärkung des HF-Vorverstärkers exakt die Pegeldifferenz zwischen diesem Ausgangspegel und dem Nenn-eingangsspegel der Endstufe ausgleichen. Da der benötigte Verstärkungsfaktor in den meisten Fällen nicht im voraus bestimmbar ist, erfolgt der exakte Abgleich eines solchen Systems mit einem einstellbaren HF-Vorverstärker.

Aber nicht nur für diesen speziellen Fall läßt sich der ELV-HF-Verstärker verwenden. Es gibt im Bereich der allgemeinen

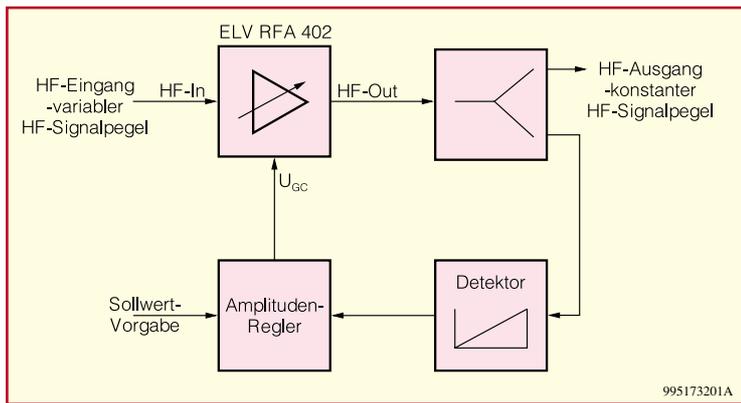


Bild 1: Prinzip einer Amplitudenregelung mittels RFA 402

verändern. Die auftretende Regeldifferenz sorgt dann für die Nachregelung des Verstärkers. Die Verstärkung wird so angepaßt, daß der HF-Pegel am Ausgang wieder seinen alten Wert annimmt. Auf diese Weise läßt sich ein konstanter HF-Pegel erzeugen. Dieses Verfahren der Pegelregelung findet in Signalgeneratoren zur Erzeugung eines Konstantpegels Anwendung oder es dient zur Ausregelung einer frequenzabhängigen Kabeldämpfung.

Im wesentlichen werden die guten technischen Daten dieses HF-Verstärkers durch die Eigenschaften des eingesetzten Verstärkerbausteines bestimmt. Der hier zum Einsatz kommende IVA 05208 vom Hersteller Hewlett Packard ist ein sog. MMIC Gain-Block. In der HF-Technik erlangen diese integrierten Schaltkreise aufgrund ihrer relativ einfachen Handhabung immer mehr Bedeutung. Die Abkürzung MMIC steht für „Monolithic Microwave Integrated Circuit“ und beschreibt das Herstellungsverfahren dieses Bauteiles. Die Abkürzung sagt im Prinzip nur aus, daß hier aktive und passive Komponenten auf einem Substrat integriert sind. Der Vorteil einer solchen Integration ist, daß nahezu die gesamte Außenbeschaltung eines HF-Verstärkers, inkl. der Arbeitspunktstabilisierung und der Anpaßschaltung, auf dem gleichen Trägermaterial zusammengefaßt ist. Somit gestaltet sich die Anwendung solcher breitbandigen Verstärkerbausteine sehr einfach.

Mit einem MMIC Gain-Block lassen sich bei geringem Entwicklungsaufwand sehr gute technische Daten erreichen. Vor allem die hohe Verstärkung von typisch 28 dB über die große Bandbreite von 250 kHz bis 1,5 GHz, wie sie im RFA 402 realisiert ist, läßt sich in konventioneller Technik nur mit erheblichem Mehraufwand erreichen. Auch die sehr gute Linearität über der Frequenz (Gain Flatness) ist ansonsten nur schwer zu erreichen. Ein weiterer Vorteil der Verwendung solcher MMIC Gain-Blocks ist die große Nachbausicherheit. Die Wahrscheinlichkeit von Bestückungsfehlern verringert sich drastisch, und Bauteiltoleranzen wirken sich kaum auf die technischen Daten aus. Die wesentlichen Daten des hier eingesetzten

HF-Meßtechnik, dem Amateurfunkbereich und auch im Bereich der CB-Funktechnik unzählige Anwendungsbereiche. So ist der Einsatz eines regelbaren HF-Verstärkers immer dann unumgänglich, wenn bei nicht bekanntem oder sich änderndem Eingangspegel eine Verstärkung auf einen ganz bestimmten Ausgangspegel gefordert ist.

Ein anderer Anwendungsfall tritt in der HF-Meßtechnik oftmals auf: Um den Signalpegel einer HF-Quelle einstellen zu können, ist entweder ein Verstärker mit festem Verstärkungsfaktor und ein nachgeschaltetes Dämpfungsglied oder ein regelbarer HF-Verstärker notwendig. Der Vorteil, den ein HF-Verstärker mit einstellbarer Verstärkung bietet, ist die Verbindung von Verstärkung und Pegel-einstellung. Die erforderliche Signalanhebung und -einstellung lassen sich gemeinsam mit Hilfe des regelbaren HF-Verstärkers

RFA 402 realisieren, wobei eine stufenlose Einstellung möglich ist, so daß innerhalb des Aussteuerbereichs jeder beliebige HF-Pegel erreichbar ist.

Da das Gerät neben der manuellen Verstärkungseinstellung mittels Drehregler auch eine elektronische Beeinflussung der Verstärkung ermöglicht, ergeben sich weitere interessante Anwendungsfälle. So läßt sich der ELV-HF-Verstärker als Stellglied in einer Pegelregelung verwenden. Ein sich ändernder HF-Pegel kann auf diese Weise auf einen Konstantwert stabilisiert werden. Auf diese Weise kann z. B. der über der Frequenz nicht stabile Ausgangspegel eines HF-Oszillators auf einen festen Wert ausgeregelt werden.

In Abbildung 1 ist die prinzipielle Anordnung einer solchen Pegelregelung dargestellt: Im Signalweg hinter dem RFA 402 wird ein Detektor zur Amplitudenmessung angeordnet. Das hier erzeugte Gleichspannungssignal ist proportional dem anliegenden HF-Pegel. Ein solcher Detektor besteht im einfachsten Fall aus einer speziellen HF-Detektordiode und einer zugehörigen Gleichspannungsverstärkung.

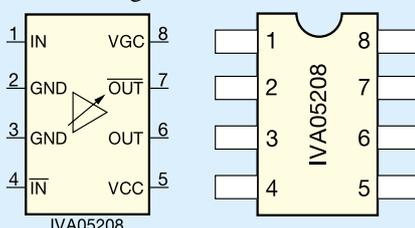
Anschließend vergleicht ein nachfolgender Regler diesen Wert, der hier als Istwert eingeht, mit einer Sollwertvorgabe. Die Ausgangsspannung der Reglerschaltung wird dann direkt auf den Gain-Control-Eingang „U_{Gc}“ des ELV-HF-Verstärkers gegeben. Dieser verändert aufgrund der anliegenden Steuerspannung seine Verstärkung soweit, bis der Istwert mit dem Sollwert übereinstimmt. Treten jetzt Pegelschwankungen auf, so wird sich der Istwert

Technische Daten: RFA 402

- Verstärkung
@ U_{Gc} ≤ 2,5 V: 28 dB (typ.)
- Verstärkungslinearität:
- bis 900 MHz: ≤1 dB
- ab 900 MHz: ≤1,5 dB
- Verstärkungs-Einstellbereich:
30 dB (typ.)
- Verstärkungseinstellung:
- manuell mittels Einstellregler
- elektronisch mittels Steuerspannung (U_{Gc} = 2,5 V bis 4,5 V)
- Frequenzbereich:
250 kHz bis 1,5 GHz
- Rauschmaß: 9 dB
- System-Wellenwiderstand: 50 Ω
- Ausgangsleistung bei
1dB-Kompression: -1 dBm (800 µW)
- Maximaler Eingangspegel:
+10 dBm (10 mW)
- Anschlüsse:
- HF: BNC-Buchsen
- DC, U_{Gc}: 3,5mm-Klinke, Mono
- Spannungsversorgung:
8 V bis 15 V DC / 60 mA
- Gewicht: 160 g
- Abmessungen
(B x T x H): 90 x 58 x 35 mm

Hewlett Packard IVA 05208

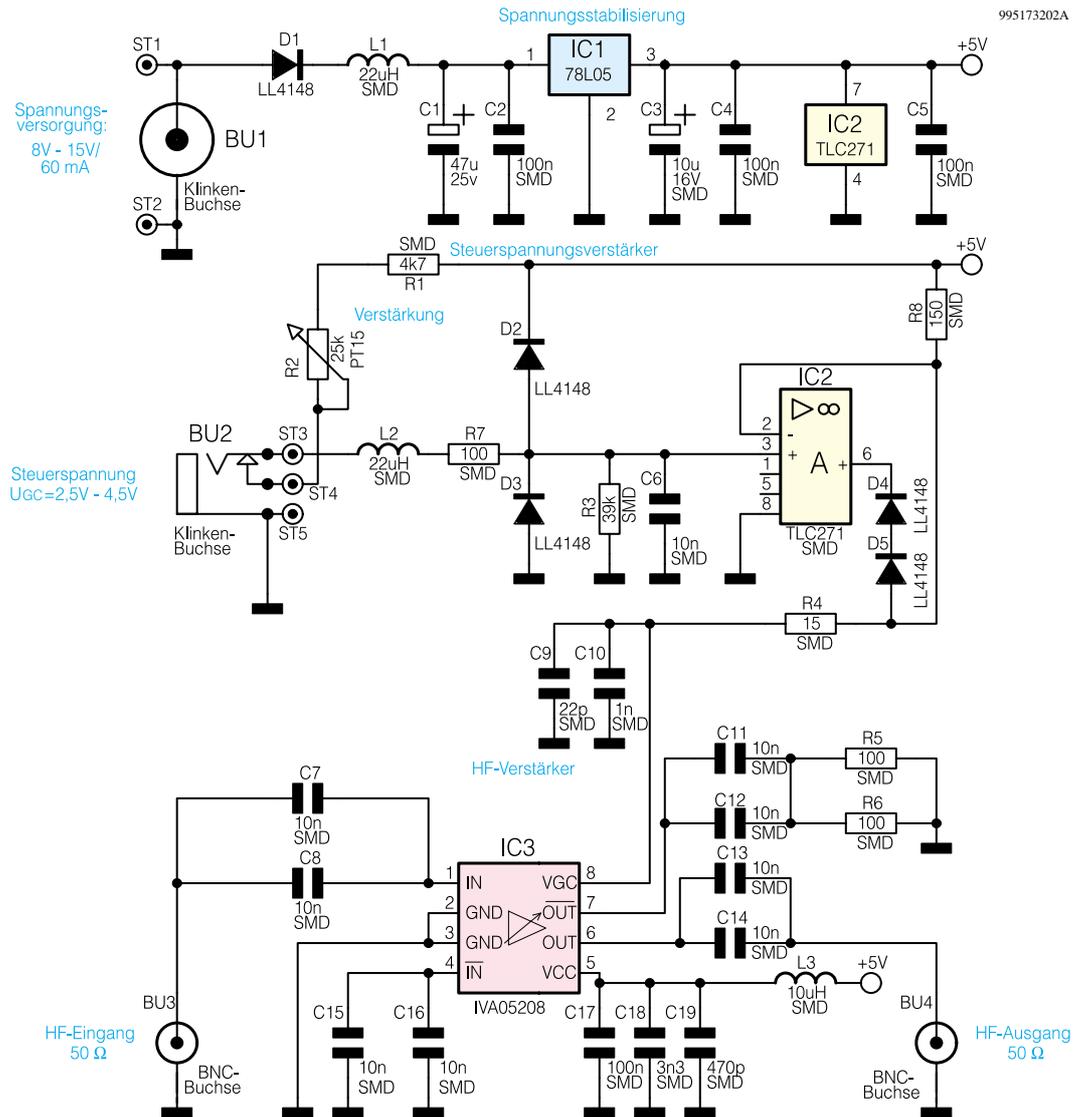
HF-Verstärker-IC mit einstellbarer Verstärkung



Besondere Merkmale:

- Hohe Verstärkung: V = 30 dB (typ.)
- Hohe Verstärkungslinearität: ΔV ≤ ±0,8 dB
- Großer Verstärkungseinstellbereich: V_{variabel} = 30 dB (typ.)
- Steuerspannungsbereich: U_{Gc} = 2 V bis 5 V
- Rückflußdämpfung (Eingang): Γ = ≥ 9,5 dB
- Rauschmaß: NF ≤ 9 dB
- Spannungsversorgung: 5 V/35 mA
- Differenzein- und -ausgang
- SMD-Bauform SO-8

Bild 2: Schaltbild des HF-Verstärkers



Verstärkerbausteines sind im vorstehenden Block zusammengefaßt. Der IVA 05208 ist das zentrale Bauteil in der im folgenden beschriebenen Schaltung des ELV-HF-Verstärkers RFA 402.

Schaltung

Die Schaltung dieses kompakten HF-Verstärkers RFA 402 ist in Abbildung 2 dargestellt. Das Kernstück bildet der HF-Verstärker IC 3 vom Typ IVA 05208. Dieses IC beinhaltet alle aktiven und passiven Stufen für die Anhebung des HF-Signalpegels. So sind hierin auch die Anpassnetzwerke integriert, die den 50Ω-Ein- und Ausgangswiderstand gewährleisten. Aufgrund dieser Komplexität des ICs sind für den Aufbau eines regelbaren Verstärkers nur noch wenige externe Bauteile notwendig.

Das HF-Eingangssignal wird der Schaltung über die BNC-Buchse BU 3 zugeführt und gelangt über die beiden parallel geschalteten Koppelkapazitäten C 7 und C 8 auf den nicht-invertierenden Eingang (Pin 1) des HF-Verstärkers. Zu beachten

ist dabei, daß alle Leiterbahnen für die HF-Signalführung speziell angepasste 50Ω-Streifenleitungen sind. Die Koppelkapazitäten sind jeweils als Parallelschaltung zweier Kondensatoren ausgeführt, die im Layout so platziert sind, daß diese im eingebauten Zustand genau die Breite einer 50Ω-Leiterbahn besitzen. So werden zusätzliche Stoßstellen im Signalweg vermieden, die unweigerlich schlechtere Ein- und Ausgangsreflexionsfaktoren nach sich ziehen. Weiterhin verringern sich durch diese Maßnahme die parasitären Eigenschaften der Kondensatoren.

Der IVA 05208 besitzt einen Differenzein- und -ausgang. Wird der Baustein im Single-Ended-Mode betrieben, d. h. nicht mit symmetrischen, sondern mit einem asymmetrischen Signal angesteuert, so ist der invertierende Eingang (Pin 4) wechsellängsmäßig auf Masse zu legen. Dies geschieht hier mit den beiden Kondensatoren C 15 und C 16.

Das IC-intern verstärkte HF-Signal wird nach der Pegelanhebung auf die Differenzausgänge Pin 6 und Pin 7 gegeben. Da auch hier wieder ein asymmetrisches Signal be-

nötigt wird, erfolgt die Signalauskopplung am nicht-invertierenden Ausgang Pin 6. Über die beiden Kondensatoren C 13 und C 14 kapazitiv entkoppelt, gelangt das verstärkte HF-Signal dann auf die Ausgangsbuchse BU 4, die wiederum auch als BNC-Buchse ausgeführt ist. Der nicht genutzte HF-Ausgang Pin 7 darf nicht unbeschaltet bleiben, da ansonsten Reflexionen die technischen Daten verschlechtern. Daher ist dieser Ausgang über die parallel geschalteten Bauelemente C 11, C 12 und R 5, R 6 reflexionsarm abgeschlossen.

Die Spannungsversorgung des ICs erfolgt an Pin 5. Diese wird über die zur Entkopplung der Spannungsversorgung dienende Drossel L 3 zugeführt. Die Kondensatoren C 17, C 18 und C 19 sind für den notwendigen wechsellängsmäßigen Kurzschluß am Betriebsspannungseingang verantwortlich.

Die Einstellung der Verstärkung erfolgt über eine Steuerspannung U_{gc} an Pin 8 des IVA 05208. Mit einem Spannungsbereich von 2,4 V bis 4,4 V läßt sich eine Verstärkungsänderung von ca. 30 dB erreichen. Dabei ist bei Spannungen $\leq 2,4$ V maxima-

le Verstärkung eingestellt, während bei $U_{ge} \geq 4,4 \text{ V}$ die wirksame Verstärkung am kleinsten ist. Da in diesen Steuerpin ein Steuerstrom hineinfließt, ist es sinnvoll, die Ansteuerung des HF-ICs über einen Operationsverstärker zu entkoppeln. Daher ist mit IC 2 ein Gleichspannungsverstärker aufgebaut, der als Spannungsfolger mit der Verstärkung $V=1$ arbeitet. Da der OPV keine Rail-to-Rail-Eigenschaften besitzt, wird mit D 4, D 5 und R 8 die maximale Ausgangsspannung angehoben. Nur so kann die maximal notwendige Steuer Spannung von $4,4 \text{ V}$ an IC 3 gegeben werden. Am Eingang des Operationsverstärkers verhindern die beiden Dioden D 2 und D 3, daß die Eingangsspannung unzulässigen Werte annimmt.

Die Verstärkungseinstellung kann beim RFA 402 sowohl manuell als auch elektronisch über eine Steuerspannung erfolgen. Die manuelle Einstellung erfolgt mit Hilfe des Trimmers R 2. Ist in der Klinkenbuchse BU 2 kein Stecker eingesteckt, dann bilden R 1, R 2, R 7 und R 3 einen veränderbaren Spannungsteiler, der die Steuerspannung generiert. Mit dem Einstecken eines Klinkensteckers in die Buchse BU 2 sorgt der dann betätigte Schaltkontakt in dieser Buchse dafür, daß die über den Stecker zugeführte externe Steuerspannung die Verstärkungsregelung übernimmt. Mit externen Steuerspannungen im Bereich von $U_{GC} = 2,5 \text{ V}$ bis $4,5 \text{ V}$ kann dann der gesamte Verstärkungsbereich des RFA 402 überstrichen werden.

Neben der Steuerspannung erfolgt auch die Zuführung der Spannungsversorgung über eine 3,5mm-Klinkenbuchse. Die an BU 1 anliegende Betriebsspannung muß eine Gleichspannung im Bereich von 8 V bis 15 V sein und mindestens einen Strom von 60 mA liefern können. Die an der Buchse eingespeiste und über die Lötstifte ST 1 und ST 2 auf die Platine geführte Betriebsspannung gelangt dann über die Diode D 1 und die Drossel L 1 auf den Spannungsregler IC 1. Dieser generiert die 5V-Versorgungsspannung für die gesamte Schaltung. Die Elektrolyt-Kondensatoren C 1 und C 3 sorgen dabei für eine angemessene Pufferung der Spannungen.

Die Diode D 1 garantiert dabei, daß bei einer Verpolung der angeschlossenen Spannung kein weiterer Schaden entstehen kann. Die Drossel L 2 im Steuerspannungszweig, verhindern, daß hochfrequente Signale aus dem HF-Zweig über die angeschlossenen Leitungen nach außen gelangen. Außerdem sorgen die Verwendung des Metallgehäuses und das optimierte Platinenlayout dafür, daß keine unerlaubte Abstrahlung auftritt.

Dem Platinenlayout kommt bei einer solchen HF-Schaltung die gleiche Bedeu-

tung zu wie der Schaltung an sich. Ein ungünstiges Layout bringt hier vor allem Auswirkungen auf die Ein- und Ausgangsreflexionsfaktoren mit sich. Dies kann soweit führen, daß der Verstärker schwingt anstatt zu verstärken. Besonders kritisch ist die Anbindung der Bauteilmasse, um die Neigung zum Anschwingen zu unterdrücken. Weiterhin unterbinden die getrennten Masse-Inseln auf der Platinenoberseite etwaige Mitkopplungen und somit weitere Schwingneigungen.

Aber nicht nur die optimierte Masseführung ist wichtig, auch die Signalführung zum IC muß bestmöglich gestaltet werden. Diese beginnt mit der Verbindung zwischen BNC-Buchse und Platine. Um hier Stoßstellen zu vermeiden, liegen die Signalanschlüsse direkt auf den 50Ω -Streifenleitungen auf. Auch bei der Zuführung der HF-Signale zu den Ein- und Ausgangspins des ICs verringern die keilförmigen Leiterbahnen zusätzliche Stoßstellen und eine damit verbundene Verschlechterung der Reflexionsfaktoren.

All diese Designregeln, um die parasitären Effekte von Bauteilen und die Unzulänglichkeiten beim Aufbau zu minimieren, sind im Schaltbild nicht zu erkennen. Sie sind jedoch ein Hauptbestandteil der Entwicklung einer solchen Schaltung und finden sich hier im optimierten Layout und den speziellen Anweisungen zum nun folgenden Nachbau der Verstärkerstufe wieder.

Nachbau

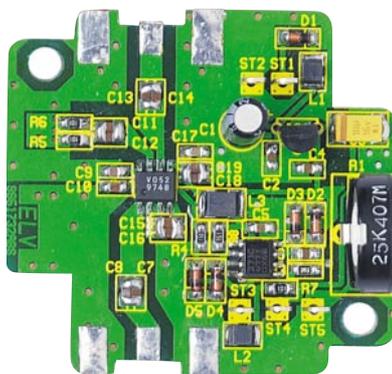
Auch beim regelbaren HF-Verstärker RFA 402 kann, wie bei allen HF-Schaltungen, eigentlich kein Unterschied zwischen Schaltung und Aufbau gemacht werden. Alle zum Aufbau gehörenden Komponenten und die Arbeitsschritte zur Montage

beeinflussen auch die Funktion. So lassen sich durch einen nicht sachgemäßen Aufbau die technischen Daten beliebig verschlechtern. Beispielsweise sind hier die Leiterbahnen nicht als reine Verbindungsleitung zu sehen, sondern stellen als Streifenleitung ein Bauteil der Hochfrequenztechnik dar.

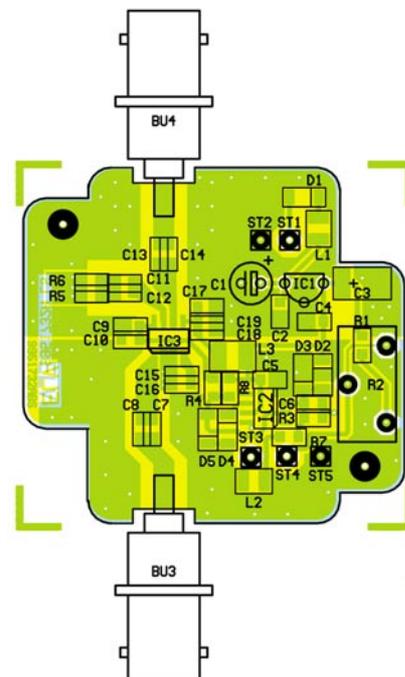
Auf der dargestellten $50 \text{ mm} \times 48 \text{ mm}$ messenden Platine ist die gesamte Schaltung des HF-Verstärkers RFA 402 untergebracht, wobei alle Bauteile auf der Bestückungsseite montiert werden. Das verwendete Alu-Druckgußgehäuse ist dabei für die ungewöhnliche Form dieser doppelseitigen Platine verantwortlich. Die Bestückung erfolgt in gewohnter Weise anhand des Bestückungsdruckes und der Stückliste.

Im ersten Schritt der Bestückungsarbeiten sind die Kondensatoren einzubauen. Da diese Bauteile keinen Wertaufdruck besitzen und anschließend nur durch explizites Ausmessen identifiziert werden können, ist bei der Bestückung besonders sorgsam vorzugehen. Genauso wie beim Einbau des SMD-Elektrolyt-Kondensators, bei dem die richtige Polarität beachtet werden muß. Die Markierung auf dem Bauteil kennzeichnet den Polspol. Die SMD-Kondensatoren C 7, C 8 und C 11 bis C 14 sind so einzusetzen, daß beide Bauteile nebeneinander genau die Breite der 50Ω -Leiterbahn ausfüllen. Dazu sind die beiden parallel geschalteten Kondensatoren direkt nebeneinander zu platzieren und anschließend gemeinsam anzulöten. Genauso wird beim Einbau der beiden Widerstände R 5 und R 6 verfahren.

Beim Verlöten der Bauteile ist zu beachten, daß die Durchkontaktierungen, die keine Bauteile aufnehmen, nicht mit Lötzinn vollauen, da hierdurch die Wirkung



Ansicht der fertig bestückten Platine des HF-Verstärkers RFA 402 mit zugehörigem Bestückungsplan



Stückliste: Regelbarer HF-Verstärker RFA 402

Widerstände:

15Ω/SMD	R4
100Ω/SMD	R5-R7
150Ω/SMD	R8
4,7kΩ/SMD	R1
39kΩ/SMD	R3
PT15, stehend, 25kΩ	R2

Kondensatoren:

22pF/SMD	C9
470pF/SMD/NPO	C19
1nF/SMD	C10
3,3nF/SMD	C18
10nF/SMD	C6-C8, C11-C16
100nF/SMD	C2, C4, C5, C17
10µF/16V/SMD	C3
47µF/25V	C1

Halbleiter:

78L05	IC1
TLC271/SMD	IC2
IVA05208/SMD	IC3

LL4148	D1-D5
--------------	-------

Sonstiges:

- SMD-Induktivität, 22 µH L1, L2
- SMD-Induktivität, 10 µH L3
- Einbau-Klinkenbuchse mit Schaltkontakt, 3,5 mm, mono BU1, BU2
- BNC-Einbaubuchse BU3, BU4
- Lötstift mit Lötöse ST1-ST5
- 1 Kunststoff-Steckachse, 4 ø x 27 mm
- 1 Drehknopf mit 4 mm-Innendurchmesser, 12 mm, grau
- 1 Knopfkappe, 12 mm, grau
- 1 Pfeilscheibe, 12 mm, grau
- 1 Gewindestift mit Spitze, M3 x 4mm
- 2 Masseanschlußbleche für BNC-Einbaubuchsen
- 1 Alu-Druckguß-Metallgehäuse, Typ G104, bearbeitet und bedruckt
- 10 cm Schaltlitze, 0,22mm², schwarz

dieser Durchkontaktierungen nicht mehr optimal ist.

Alsdann sind die übrigen SMD-Widerstände zu bestücken. Nach dem folgenden Einbau der beiden SMD-Drosseln sind nun die Dioden einzulöten. Die richtige Polung wird hierbei durch den Katodenring vorgegeben, der mit der Kennzeichnung im Bestückungsdruck übereinstimmen muß.

Der im nächsten Arbeitsschritt einzubauende Spannungsregler IC 1, der Elektrolyt-Kondensator C 1 und der Trimmer R 2 sind die einzigen Bauteile in konventioneller Bauform und müssen daher von der Platineunterseite angelötet werden. Genauso ist mit den in die Bohrungen ST 1 bis ST 5 einzusetzenden Lötösen zu verfahren.

Den Abschluß der Bestückungsarbeiten bildet der Einbau der beiden ICs. Hierbei ist wiederum die richtige Einbaulage zu beachten. Beim Operationsverstärker IC 2 gibt die abgeschrägte Gehäuseseite eine Orientierungshilfe, beim HF-Verstärker kennzeichnet die Punktmarkierung auf dem Bauteil den Pin 1. Diese Marken müssen mit den Markierungen im Bestückungsdruck übereinstimmen. Ist die Platine soweit bestückt, so sollte vor der Gehäusemontage die Platine auf Kurzschlüsse, Bestückungsfehler und kalte Lötstellen hin untersucht werden.

Gehäuseeinbau

Um dem rauen Laboralltag widerstehen zu können, ist es notwendig, die Schaltung in ein robustes Metallgehäuse einzubauen. Weiterhin ist es auch aufgrund der Abstrahlungseigenschaften zwingend erforderlich, ein Metallgehäuse zur Schir-

Mutter in angegebener Reihenfolge. Um die Massebleche problemlos einbauen zu können, müssen deren Schenkel um 90° nach hinten abgewinkelt werden. Beim Ausrichten der Buchsen sind die „heißen“ Anschlüsse (Mittenkontakte) der BNC-Buchsen mittig auf den entsprechenden Löt pads der Platine zu positionieren. Sind die Buchsen durch das Festziehen der Muttern fixiert, werden die Mittenkontakte und die Schenkel der Masseanschlußbleche angelötet.

Nachdem die kritischen HF-Verbindungen fertiggestellt sind, werden die 3,5mm-Klinkenbuchsen für die Spannungsversorgung und die Steuerspannungszuführung eingesetzt. Zuvor sollten hier die Leitungen für die spätere Verbindung zur Platine angelötet werden. Dazu sind zunächst 5 Leitungsstücke mit je 2 cm Länge anzufertigen, die auf beiden Seiten jeweils 3 mm von der Ummantelung zu befreien sind. Anschließend sind an einer Buchse alle drei Anschlüsse mit je einem Leitungsabschnitt zu versehen, während an der anderen nur die beiden äußeren Anschlüsse zu kontaktieren sind.

Nach dem Einbau der Buchsen in die entsprechenden Bohrungen im Alu-Druckguß-Metallgehäuse folgt die elektrische Verbindung zur Platine. Beim Buchsen einbau ist noch zu beachten, daß sich der Abgreifflansch jeweils unten befindet. Die Buchse zur Spannungsversorgung ist oberhalb von ST 1 und ST 2 zu montieren. Die Verbindung zur Platine wird durch das Anlöten der von hinten gesehen linken Leitung an ST 2 und der rechten Leitung an ST 1 hergestellt. Die Buchse BU 2 findet oberhalb von ST 3 bis ST 5 ihren Platz. Hier sind die von hinten gesehen rechte Leitung mit ST 3, die mittlere mit ST 4 und

mung zu verwenden. Die Platine wird im folgenden im hochwertigen Alu-Druckguß-Metallgehäuse mit den Außenabmessungen 64 x 58 x 35 mm montiert.

Wir beginnen die Gehäuseendmontage mit dem Einbau der Platine. Diese wird ins Gehäuse eingesetzt, exakt über den Befestigungsbohrungen ausgerichtet und dann mit den Schrauben 3,5 x 6 mm und unterlegter Federscheibe befestigt. Anschließend werden die BNC-Buchsen eingebaut. Zur Montage sind die Buchsen von außen durch die entsprechenden Bohrungen zu stecken. Auf der Innenseite folgen dann das speziell angefertigte Masseanschlußblech, die Zahnscheibe und die zugehörige

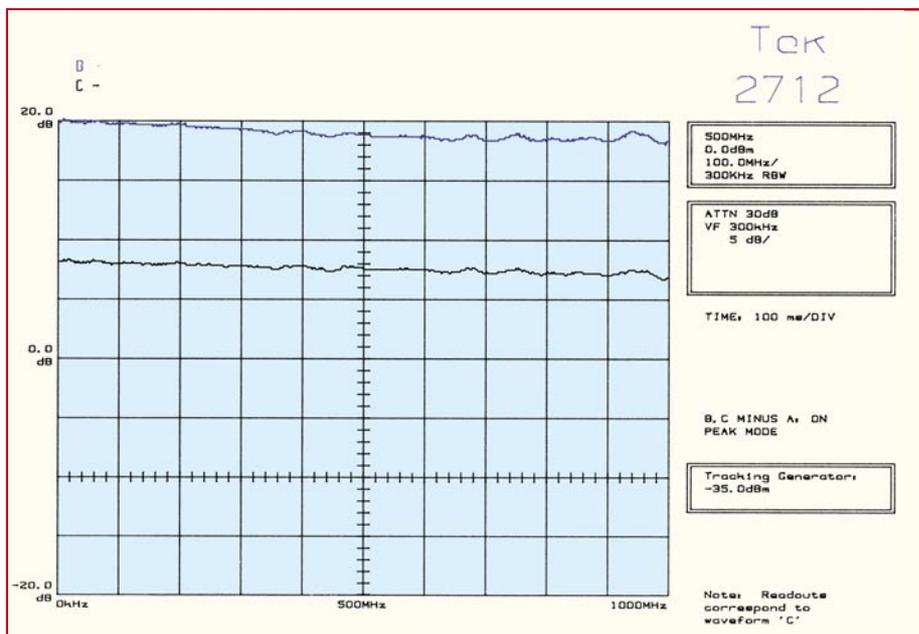


Bild 3: Amplituden-Frequenzgang im Frequenzbereich bis 1 GHz

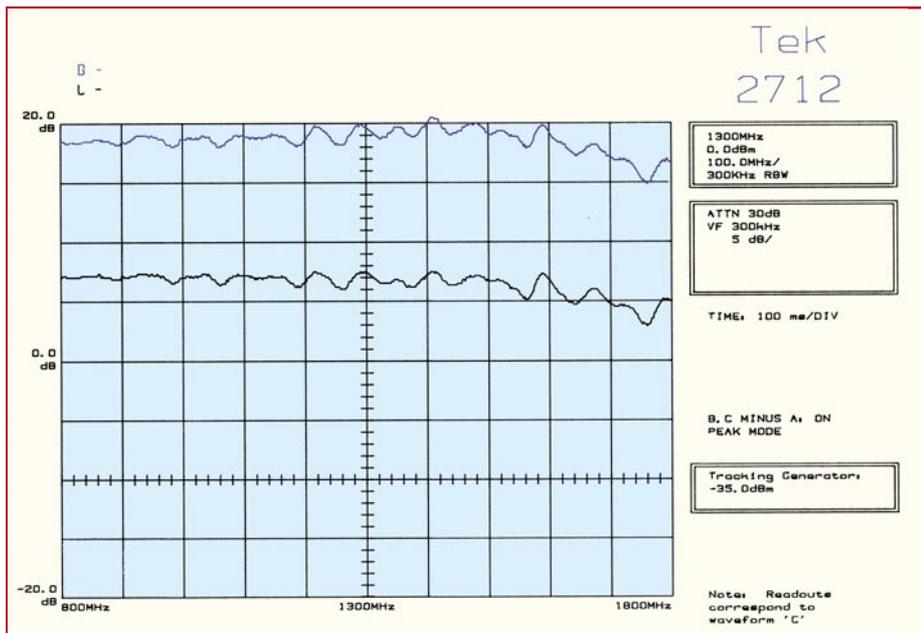


Bild 4: Amplituden-Frequenzgang im Frequenzbereich 800 MHz bis 1,8 GHz.

die linke Leitung mit ST 5 zu verbinden.

Vor der folgenden Inbetriebnahme ist die korrekte Verdrahtung nochmals zu prüfen. Bei ordnungsgemäßer Montage dürfen sich dabei keine Leitungskreuzungen ergeben. Zum Abschluß der Aufbauarbeiten ist die Potentiometer-Steckachse aufzustecken und mit dem Drehkopf zu versehen. Somit ist der Gehäuseeinbau abgeschlossen, und die Schaltung kann in Betrieb genommen werden.

Inbetriebnahme und Bedienung

Da der regelbare HF-Verstärker RFA 402 keine Abgleichpunkte besitzt, gestaltet sich die Inbetriebnahme sehr einfach. Dazu ist zunächst nur am Versorgungsspannungseingang eine Gleichspannung im Bereich von 8 V bis 15 V anzuschließen, die in der Lage ist, einen Strom von mindestens 60 mA zu treiben. Anschließend sollte mit einem Multimeter die +5V-Ausgangsspannung des Spannungsreglers kontrolliert werden. Die Steuerspannung zur Verstär-

kungseinstellung ist anschließend an C 9 zu messen. Hier müssen sich mit Hilfe des Potentiometers Werte im Bereich von ca. 2,6 V bis 4,5 V einstellen lassen. Nach dem Zuführen einer externen Spannung am Anschluß U_{GC} muß die eingespeiste Steuerspannung hier meßbar sein.

Stehen die zu messenden Werte ordnungsgemäß an, so kann im allgemeinen davon ausgegangen werden, daß der HF-Verstärker ordnungsgemäß arbeitet, und das Gehäuse kann geschlossen werden. Dazu ist zunächst in die Nut des Gehäusedeckels das Dichtungsband einzulegen und entsprechend zu kürzen. Mit Hilfe der vier M4-Senkkopfschrauben erfolgt das Schließen des Gehäuses.

Wenn entsprechendes Meßequipment zur Verfügung steht, kann anschließend zur Endkontrolle der Amplituden-Frequenzgang des HF-Verstärkers RFA 402 aufgenommen und die Verstärkung geprüft werden: Das am BNC-Eingang BU 3 eingespeiste Signal erscheint je nach Verstärkungseinstellung um bis zu 28 dB ver-

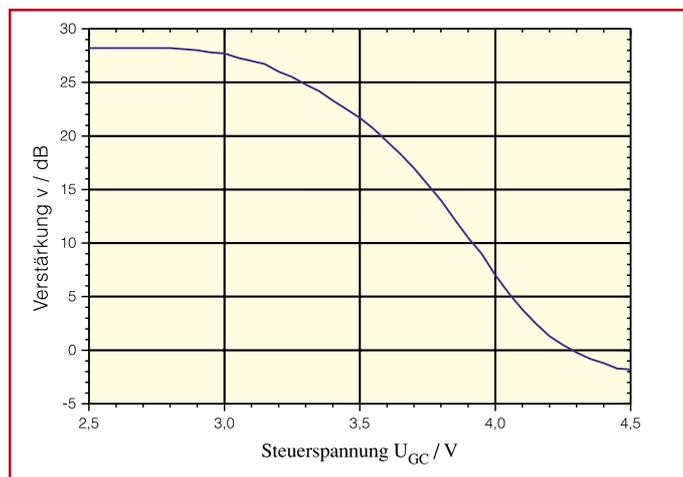


Bild 5: Steuerkennlinie bei $f = 500$ MHz

stärkt an der Ausgangsbuchse BU 4. Dabei ist darauf zu achten, daß der maximal zulässige Eingangspegel von +10 dBm auf keinen Fall überschritten wird. Bei der Aufnahme des Frequenzganges muß sich ein Verlauf ähnlich Abbildung 3 und 4 ergeben. Kleine Abweichungen sind hier aufgrund der individuellen Aufbauweise möglich. In diesen hier dargestellten typischen Verläufen des Amplituden-Frequenzganges ist die Gain Flatness sehr gut zu erkennen, wobei die Auflösung von 5 dB/Div zu beachten ist.

Die Bedienung des ELV RFA 402 gestaltet sich sehr einfach. Die Gehäusebeschriftung gibt alle notwendigen Informationen zur Installation an. An die 3,5mm-Klinkenbuchse zur Spannungsversorgung ist eine Gleichstromquelle in einem Spannungsbereich von 8 V bis 15 V (min. 60 mA) anzuschließen. Hierzu ist ein ELV-Ökonetzteil (Best.Nr.: 55-221-86) sehr gut geeignet, da dieses den geforderten Lastbereich bei minimierter Verlustleistung abdeckt.

Der „HF-In“ Buchse ist das Signal zuzuführen, das an der Buchse „HF-Out“ entsprechend verstärkt wieder erscheint. Die Einstellung der Verstärkung kann wahlweise über den Drehregler oder über eine am Steuerspannungseingang „ U_{GC} “ anliegende Spannung eingestellt werden. Soll die Variation der Verstärkung mittels Drehregler erfolgen, so darf in der Buchse für die externe Steuerspannung kein Klinkenstecker eingesteckt sein. Die Drehrichtung des Verstärkungseinstellers ist so gewählt, daß die Verstärkung mit Rechtsdrehung zunimmt.

Bei der elektronischen Verstärkungseinstellung wird über die mit „ U_{GC} “ bezeichnete Klinkenbuchse die hierzu benötigte Steuerspannung zugeführt. Hier wird mit steigender Steuerspannung die Verstärkung verringert. Aufgrund der Bauteilstreuung beim IVA 05208 kann hier kein exakter Verlauf angegeben werden. Können Ungenauigkeiten von bis zu 2 dB in der Verstärkungseinstellung hingenommen werden, so kann der in Abbildung 5 dargestellte typische Verlauf einer solchen Steuerkennlinie herangezogen werden. Ist eine höhere Genauigkeit gefordert, so muß der Verstärker explizit ausgemessen werden.

Bei der Entwicklung dieses regelbaren HF-Verstärkers in 50Ω-Technik wurde neben den guten technischen Daten besonderer Wert auf einen kompakten Aufbau in einem robusten Gehäuse gelegt. Der lineare Verlauf der Verstärkung über der Frequenz, der große Einstellbereich und der weite Frequenzbereich zeichnen diesen Verstärker besonders aus. Somit findet der ELV RFA 402 sein Anwendungsgebiet im gesamten Bereich der Hochfrequenztechnik.