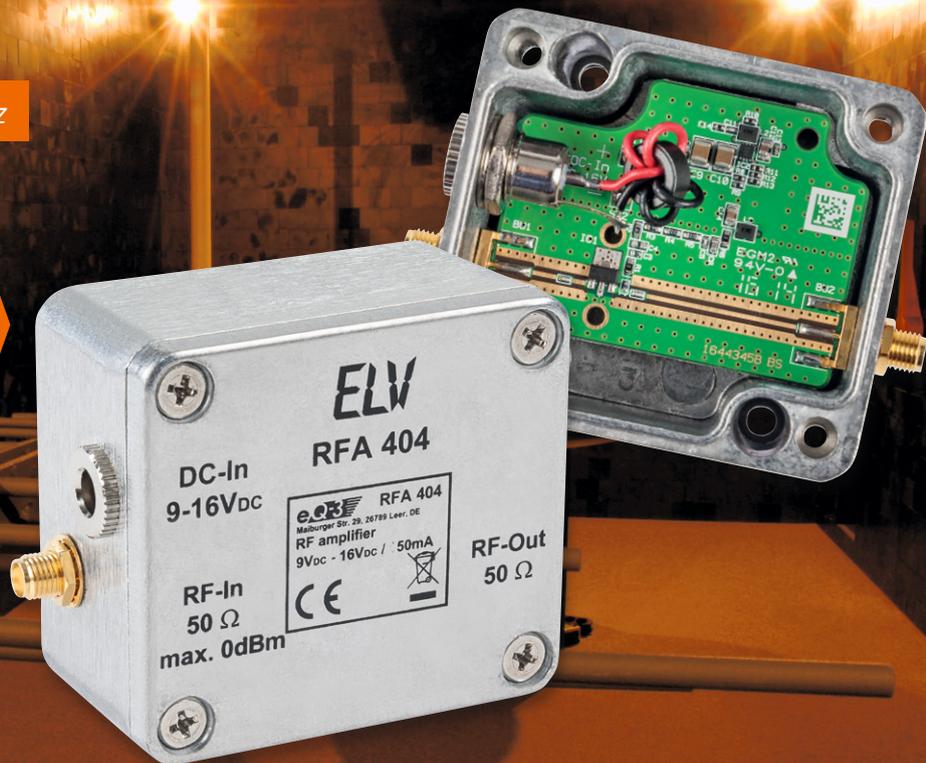




100 MHz bis 6 GHz

18 dB @ 500 MHz bis 2 GHz



HF-Verstärker RFA 404

Infos zum Bausatz

im ELV-Web-Shop

#1452

Die Verstärkung von hochfrequenten Signalen von 100 MHz bis 6 GHz mit einer Verstärkung von bis zu 18 dB zeichnet den HF-Verstärker RFA 404 besonders aus. Der kompakte Aufbau in einem kleinen Metallgehäuse ermöglicht dabei den universellen Einsatz in Werkstatt und Labor.

Kenndaten zur Verstärkerauswahl

Die vornehmliche Aufgabe eines Verstärkers im Allgemeinen und eines HF-Verstärkers im Speziellen ist das Ausgleichen von Pegeldifferenzen. Für die Auswahl des richtigen HF-Verstärkers gibt es verschiedene Kriterien. Bei einfachster Betrachtung hat ein HF-Verstärker die Aufgabe, ein Eingangssignal mit

einem Pegel LP_{In} um den Verstärkungsfaktor G_P zu verstärken und das Signal dann mit dem Pegel LP_{Out} an seinem Ausgang zur Verfügung zu stellen. Für die Bestimmung der notwendigen Verstärkung muss die Höhe des verfügbaren Eingangs- und des benötigten Ausgangssignals bekannt sein.

So muss sich der Anwender schon bei der Bestimmung der Verstärkung auch über den benötigten Ausgangspegel im Klaren sein. Dabei ist zu bedenken, dass der Ausgangspegel eines Verstärkers nur dann vom angelegten Eingangspegel abhängig ist, wenn der Verstärker in seinem erlaubten Betriebsbereich arbeitet. Bei einer Übersteuerung kommt es zu einem Sättigungseffekt. Wird beispielsweise in einen Verstärker mit 20 dB Verstärkung ein Eingangspegel von 0 dBm eingespeist, so kann sich nur dann der theoretische Ausgangspegel von +20 dBm einstellen, wenn der maximal erreichbare Ausgangspegel (technische Daten des Verstärkers) dies zulässt. Der für diese Eigenschaft maßgebliche Parameter ist bei HF-Verstärkern mit „1-dB-Kompressionspunkt“ bezeichnet. Beim Einsatz eines Verstärkers mit nur +10 dBm maximalem Ausgangspegel stellt sich auch nur dieser Pegel ein. Dabei ist der Verstärker dann jedoch völlig übersteuert und verzerrt das Signal extrem – es entstehen (zusätzliche) Oberschwingungen des Nutz-

Geräte-Kurzbezeichnung:	RFA 404
Frequenzbereich $f_{min}-f_{max}$:	100 MHz bis 6 GHz
Verstärkung v:	18 dB @ 500 MHz bis 2 GHz, 15 dB bis 4 GHz, 10 dB bis 6 GHz
1-dB-Kompressionspunkt:	15 dBm bis 5 GHz
Eingangsreflexionsfaktor R_{fd} :	≥ 10 dB bis 5 GHz
Ausgangsreflexionsfaktor R_{fd} :	≥ 7 dB bis 5 GHz
Wellenwiderstand Z_0 :	50 Ω
Rauschmaß:	< 4 dB bis 2,4 GHz
max. Eingangspegel L_{Pmax} :	0 dBm
Anschlüsse:	SMA-Buchsen (HF) 5,5/2,1-mm-DC-Buchse (Versorgung)
Spannungsversorgung U_{bc} :	9 Vdc bis 16 Vdc
Stromaufnahme I_{max} :	60 mA
Schutzart:	IP20
Abmessungen (B x H x T):	78 x 58 x 35 mm
Gewicht:	160 g



signals. Nur ein Verstärker, dessen Maximalpegel größer +20 dBm ist, würde in diesem Beispiel korrekt arbeiten.

Sind Verstärkung und Ausgangspegelbereich bestimmt, stellt sich die Frage nach dem zu überstreichenden Frequenzbereich. Bei einem universell einsetzbaren Verstärker gilt hier: je größer desto besser. In speziellen Anwendungen, wenn es beispielsweise auf extrem hohe Verstärkung, gute Rauscheigenschaften und/oder optimierte Anpassung ankommt, besitzt ein spezieller schmalbandiger Verstärker die besseren technischen Daten.

Da das Einsatzgebiet des ELV-HF-Verstärkers RFA 404 nicht auf bestimmte Frequenzbereiche beschränkt sein sollte, sind hier auch keine bandbegrenzenden Maßnahmen eingebaut. Der Verstärker ist bis hin zu 6 GHz einsetzbar, wobei jedoch die Verstärkung ab 2 GHz leicht, aber kontinuierlich abnimmt.

Die in der Tabelle zusammengefassten technischen Daten des RFA 404 zeigen den weiten Anwendungsbereich des Verstärkers. Mit den Kerndaten von ca. 18 dB Verstärkung, einem 1-dB-Kompressionspunkt von +15 dBm und einem Frequenzbereich von 100 MHz bis hin zu 6 GHz ist die universelle Einsetzbarkeit gewährleistet. Weiterhin wird durch den Einbau in einem robusten Metallgehäuse und die Ausführung der Ein- und Ausgangsbuchsen als hochwertige SMA-Buchsen ein rascher und unkomplizierter Einsatz ermöglicht.

Als wesentliche Einsatzgebiete des ELV RFA 404 sind die HF-Messtechnik, die Sende- und Empfangstechnik im Amateurfunkbereich und die Prüftechnik im Bereich der elektromagnetischen Verträglichkeit zu sehen. Vor allem wenn die Eingangsempfindlichkeit von Messempfängern und Spektrumanalysen nicht ausreicht, um Störsignale aufzudecken, werden diese mit entsprechenden Verstärkern aus dem Rauschen „herausgehoben“.

Die technischen Daten des ELV RFA 404 werden im Wesentlichen durch die Daten des eingesetzten vollintegrierten Verstärkerbausteins

bestimmt. Der hier eingesetzte ECG055B-G ist ein sogenannter MMIC Gain Block, der im Abschnitt „Elektronikwissen“ dieses Artikels genauer beschrieben ist.

Bei der Auswahl des Verstärker-ICs standen dabei die Bandbreite, die Verstärkung und die Kosten im Fokus. Andere Parameter wie Rauschzahl, max. Ausgangspegel und Verstärkungslinearität rückten dabei leicht in den Hintergrund. Alles in allem ist der ECG055B-G allerdings ein Baustein, der einen guten Kompromiss zwischen allen genannten Parametern darstellt. Durch den Einsatz eines MMIC stellt sich die im Folgenden beschriebene Schaltung recht übersichtlich dar.

Schaltung

Die Schaltung dieses kompakten HF-Verstärkers RFA 404 ist in Bild 1 dargestellt. Das Kernstück bildet der MMIC Gain Block IC1 vom Typ ECG055B-G. Dieser integrierte HF-Verstärker beinhaltet neben den aktiven Stufen auch alle Komponenten zur Arbeitspunktstabilisierung. Auch die breitbandige Anpassung auf den 50- Ω -Systemwiderstand ist sowohl eingangsseitig als auch ausgangsseitig bereits integriert. Dadurch bedarf es nur noch weniger externer Bauteile, um den HF-Verstärker zu betreiben.

Über BU1 wird das HF-Signal eingespeist. Da BNC-Buchsen für den Frequenzbereich > 3 GHz quasi ungeeignet und auch unüblich sind, sind bei diesem Gerät die Buchsen für den HF-Eingang und HF-Ausgang als hochwertige vergoldete SMA-Buchsen ausgeführt. Die

MMIC Gain Block

Ein MMIC ist ein monolithisch hergestellter Hochfrequenz-Schaltkreis (Monolithic Microwave Integrated Circuit). Diese Technik basiert auf der Integration von passiven und aktiven Komponenten auf demselben Substrat. Als Substrat für hochfrequente Schaltungstechniken werden heutzutage meist Galliumarsenid (GaAs) und Indiumgalliumphosphid (InGaP) verwendet. Aufgrund der hohen sog. Elektronenbeweglichkeit sind diese Werkstoffe besonders gut für Komponenten der Hochfrequenztechnik geeignet. Durch die Integration aller passiven und aktiven Elemente eines Verstärkers entsteht dann ein solcher MMIC Gain Block. Vereinfacht betrachtet, kann man sich diesen als einen mehrstufigen Transistor-Verstärker auf einem Substrat vorstellen, der neben diesen aktiven Komponenten auch noch die Außenbeschaltung für die Arbeitspunktstabilisierung und die ein- und ausgangsseitige Anpassung beinhaltet. Aufgrund der kompakten Anordnung der „Bauteile“ direkt auf dem Halbleitersubstrat lassen sich so Verstärkungen und Verstärkerbandbreiten erreichen, die im konventionellen diskreten Aufbau kaum möglich wären.

Üblicherweise erfolgt die Anpassung solcher ICs auf den in der professionellen HF-Technik, HF-Messtechnik, Amateurfunktechnik usw. vorherrschenden Systemwiderstand von 50 Ω , wobei man vereinzelt auch 75- Ω -angepasste Bausteine findet.

Diese Verstärker gibt es inzwischen in großer Zahl, für verschiedene Einsatzgebiete optimiert. Die Unterscheidung liegt in der Verstärkung, dem maximalen Ausgangspegel, dem Frequenzbereich, den Rauschparametern, der Bauform usw.

Selbst für spezielle Anforderungen wie z. B. gute Rauschzahlen etc. gibt es inzwischen auch entsprechende extrem rauscharme vollintegrierte Verstärker mit einem Noise Figure von < 0,5 dB. Der hier zum Einsatz kommende integrierte HF-Verstärker vom Typ ECG055B-G besitzt folgende bemerkenswerte technische Daten:

MMIC Gain Block ECG055B-G

- Technologie: InGaP/GaAs HBT (heterojunction-bipolar-transistor)
- Verstärkung: > 19 dB bis 3,5 GHz
> 16 dB bis 6 GHz
- Frequenzbereich: DC bis 6 GHz
- Ein- und Ausgangswiderstand: 50 Ω
- 1-dB-Kompressionspunkt: > 17 dBm bis 3,5 GHz
- Eingangs-Reflexionsdämpfung: > 14 dB bis 3,5 GHz
> 8 dB bis 6 GHz
- Ausgangs-Reflexionsdämpfung: > 12 dB bis 2 GHz
> 3,8 dB bis 6 GHz
- Rauschmaß: < 3,4 dB bis 2,4 GHz
- Stromaufnahme: typ. 65 mA
- Gehäusebauform: SOT89

Weitere Informationen unter:
<http://www.qorvo.com/>

SMA-Technik ist – je nach Ausführung und Qualität – bis über 20 GHz nutzbar.

Die notwendige DC-Entkopplung auf der Eingangsseite übernimmt der Kondensator C1. Die Verbindung von Buchse zu Kondensator ist als HF-Streifenleitung (Microstrip-line) mit einem Wellenwiderstand von 50 Ω ausgeführt. Anfängliche Experimente, die untere Grenzfrequenz durch die Parallelschaltung mehrerer Kondensatoren noch weiter zu verringern, schlugen fehl, da sich dadurch unerwünschte Resonanzerscheinungen im Frequenzgang zeigten. Hier führen die parasitären Induktivitäten in einem solchen Kondensator zu Reihen- und Parallelresonanzen. Die Folge sind schlechte Eingangsreflexionseigenschaften – vereinfacht ausgedrückt, wird das Eingangssignal dann wieder zur speisenden Quelle zurückreflektiert und nur ein kleiner Teil verstärkt. Als optimaler Kompromiss zwischen unterer Grenzfrequenz, Auswirkungen von Resonanzen und Kosten hat sich ein 22-pF-Kondensator mit speziellen guten HF-Eigenschaften herausgestellt. Die kleine Bauform im Package 0402 (metrisch 1005) sorgt dabei für eine geringe parasitäre Induktivität und lässt sich sehr gut – ohne größere Störstellen zu produzieren – auf bzw. in der 50-Ω-Microstrip-line positionieren: Der Kondensator in 0402er-Bauform ist 0,5 mm breit – die Microstrip-line ist in unserem Aufbau 0,72 mm breit.

Alle HF-Signalleitungen müssen als 50-Ω-Streifenleitung ausgeführt werden, da in der HF-Technik die Leiterbahnen nicht als einfache Verbindungen von Punkt A zu Punkt B zu sehen sind, sondern ein Bauteil mit komplexen Eigenschaften darstellen.

Im weiteren Signalweg folgt nach dem Eingangskondensator C1 dann der eigentliche vollintegrierte

HF-Verstärker. Das am Pin 1 eingespeiste HF-Signal erscheint am Ausgang Pin 3 entsprechend verstärkt. Besonderes Augenmerk ist auf die Anbindung des Verstärkers an das Massebezugspotential zu legen. Ist die Anbindung nur suboptimal ausgeführt, so stellt sich dies im Ersatzschaltbild als Induktivität in der Masseverbindung dar. Hier führen selbst Werte von einigen wenigen Nano-Henry dazu, dass der Frequenzgang unbrauchbar wird. Im Extremfall arbeitet der Verstärker nicht mehr stabil und schwingt. Um dies zu verhindern, sind hier selbst im Löt-pad des Bauteils Durchkontaktierungen angeordnet. Dies ist aus produktionsseitiger Sicht nicht gern gesehen, ist hier aus funktioneller Sicht aber absolut notwendig. Hierzu gibt es im weiteren Verlauf des Artikels noch einige Simulationsbeispiele.

Auch ausgangsseitig wird das HF-Signal dann wieder mit einem Kondensator (C2, 22 pF) gleichspannungsentkoppelt und mittels Microstrip-line zur Ausgangsbuchse BU2 geführt. Auch hier sind grundsätzlich alle Gesichtspunkte wie auf der Eingangsseite zu berücksichtigen.

Zur Versorgung des HF-Verstärkers ist ein sog. Bias Tee notwendig. Der Verstärker ist so ausgelegt, dass an seinem Ausgang das HF-Signal anliegt und gleichzeitig über diesen Pin seine Versorgungsspannung zugeführt wird. Der ECG055B-G wird dabei stromgespeist – er benötigt einen Versorgungsstrom von typ. 65 mA, wobei sich dann eine sog. „Device Voltage“, d. h. Spannung am Ausgangspin, von 4,2 V bis 5,3 V einstellt. Der Betriebsstrom des Verstärkers wird über die Spule L1 und die Widerstandskette R2 bis R5 aus der geräteinternen Systemspannung von +8 V zugeführt. Die Aufteilung des Widerstandswerts von 50 Ω auf 4 Einzelwiderstände ist der erforderlichen Verlustleistung geschuldet.

Damit das HF-Signal über die HF-mäßig niederohmige Spannungsversorgung (Blockung aus C5 und C6) nicht kurzgeschlossen wird, dienen L1 und die Widerstände als HF-Entkopplung. Im Frequenzbereich bis etwa 1 GHz entkoppeln hauptsächlich die Widerstände R2 bis R5. Im Bereich über 1 GHz wirken sich die parasitären Kapazitäten der Widerstände dann negativ aus, sodass für diesen Bereich die Spule L1 die Entkopplung des HF-Zweigs vom DC-Teil übernimmt.

Die Spannungsversorgung des gesamten Geräts erfolgt über die DC-Buchse für Panel-Montage, die seitlich ins Gehäuse eingeschraubt

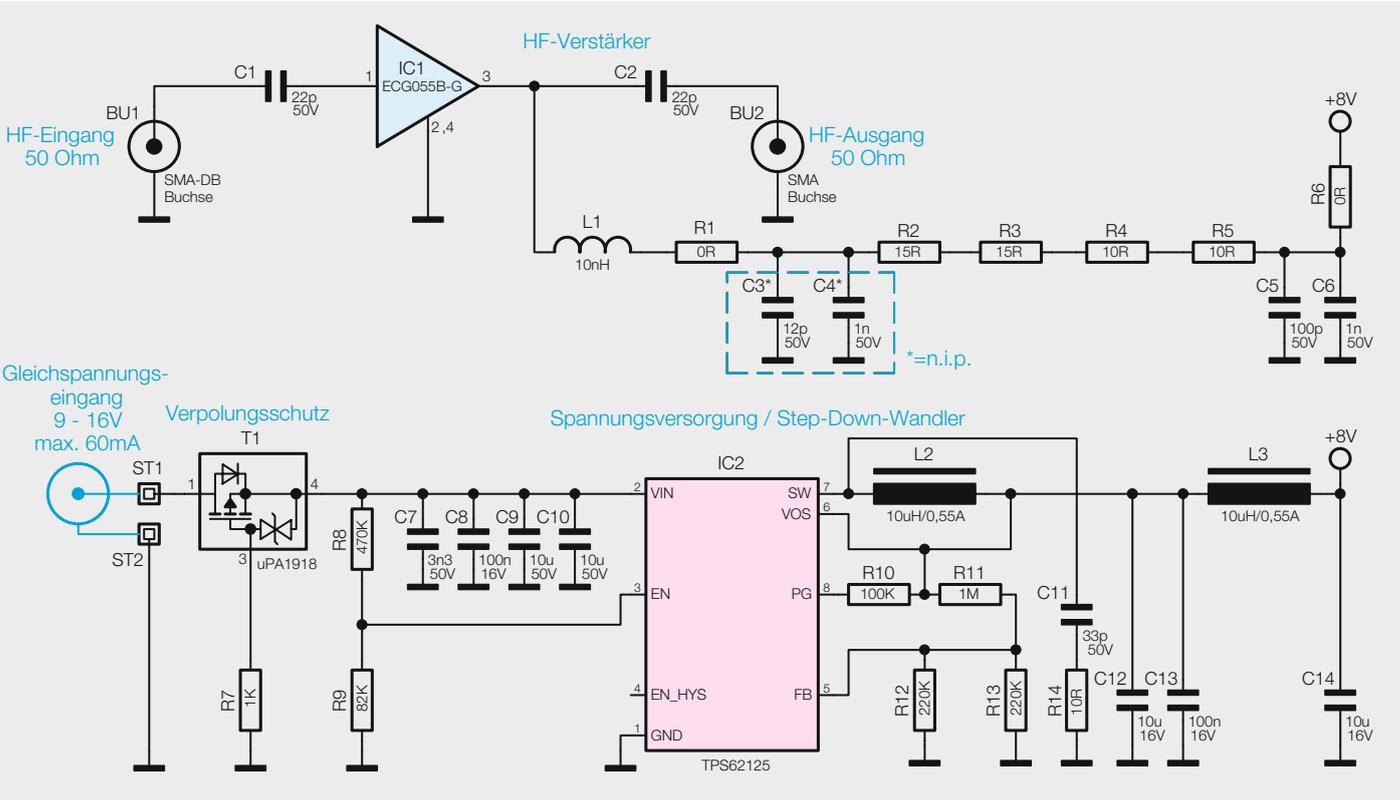


Bild 1: Schaltbild des RFA 404



ist. Die Buchse nimmt Standard-DC-Stecker mit den Abmessungen 5,5/2,1 mm auf. In die Verbindungsleitung zwischen DC-Buchse und den beiden Lötstiften ST1 und ST2 auf der Leiterplatte ist noch eine selbstgewickelte stromkompensierte Ringkern-Drossel eingefügt, die nur der EMV-seitigen Entstörung dient. Diese verhindert, zusammen mit den Abblockmaßnahmen auf der Leiterplatte, dass das HF-Signal über die DC-Leitung in unzulässigem Maße zur Abstrahlung gebracht wird.

Die Versorgungsspannung muss mit der Polung „+ am Mittelpin“ zugeführt werden – dies ist auch die bei fast allen Stecker-Netzteilen übliche Polung. Damit das Gerät bei versehentlicher Verpolung nicht zerstört wird, ist mit T1 und R7 ein Verpolungsschutz aufgebaut. Bei verpolter Spannung an ST1/ST2 sperrt die Body-Diode des FETs T1 und die Drain-Source-Strecke ist aufgrund der fehlenden Gate-Source-Differenz gesperrt. Nur bei korrekter Polung leitet zunächst die Body-Diode, sodass ein Potential am Source-Anschluss entsteht. Die resultierende Gate-Source-Differenz sorgt dann dafür, dass der FET komplett „durchschaltet“.

Die Umsetzung der Eingangsspannung, die im Bereich 9 V bis 16 V liegen darf, auf die 8-V-Systemspannung übernimmt der Step-down-Wandler IC2. Hierbei handelt es sich um einen sogenannten synchronen Abwärts-Wandler, weil der IC neben dem Schalttransistor im „High-side-Zweig“ auch die Diode in Form eines integrierten aktiv geschalteten FET mit beinhaltet. Solche Wandler zeichnen sich durch eine hohe Effizienz und eine minimale Anzahl an externen Bauteilen aus.

So besteht der hier eingesetzte Wandler auch nur aus dem IC an sich, dem Energiespeicher L2, den Widerständen R10 bis R13 und den Ein- und Ausgangskondensatoren. Dabei dienen die Widerstände R11 bis R13 zur Festlegung der Ausgangsspannung. Der Abgriff des Spannungsteilers wird auf 0,808 V ausgeregelt, womit sich ca. 8 V Ausgangsspannung einstellen.

Damit das System bei nicht ausreichender Eingangsspannung nicht in einen undefinierten Zustand kommt, wird der Schaltregler erst ab einer Eingangsspannung von 8,1 V aktiviert. Dazu ist der Enable-Eingang Pin 3 mit dem entsprechend dimensionierten Widerstandsteiler beschaltet.

Um die Ausgangsspannung des Schaltreglers nochmals zu glätten und von den „Verunreinigungen“ des Schaltreglers zu befreien, ist mit L3 und C14 eine weitere Filterung aufgebaut, sodass am Schaltungspunkt „+8V“ eine stabilisierte und saubere Betriebsspannung zur Verfügung steht.

Schaltungssimulation

Um nochmals auf die Auswirkungen der Leiterplatte auf die Funktion zurückzukommen, wird im Folgenden kurz die Schaltung aus theoretischer Sicht betrachtet und simuliert. Für die Betrachtung der Schaltung hinsichtlich ihrer HF-Eigenschaften kann ein sogenanntes Kleinsignal-

Ersatzschaltbild herangezogen werden. Für diese kompakte Schaltung bleibt bei der Analyse, ideale Bauteile vorausgesetzt, nur der Verstärker IC1 als einziges Element des Ersatzschaltbildes über. Die Koppelkapazitäten C1 und C2 dürfen als idealer Kurzschluss betrachtet werden. Die Drosselspule L1 wird zusammen mit den Widerständen R2 bis R5 als – grob angenähert – unendlicher Widerstand angesehen.

Theoretisch könnte das Verhalten der gesamten Verstärkerschaltung somit aufgrund der bekannten technischen Daten des ECG055B-G exakt vorausbestimmt werden. Leider treten beim praktischen Aufbau parasitäre Effekte auf, die mehr oder weniger gravierende Abweichungen nach sich ziehen. Am Beispiel der kritischen Masseanbindung des Verstärkers zeigen die folgenden Simulationen die Auswirkungen.

Bild 2 zeigt die Simulation eines theoretischen idealen Aufbaus des reinen MMIC ohne Außenbeschaltung. Im Vergleich dazu wurde in der Simulation in **Bild 3** die Masseverbindung als reale aber schlechte Masseverbindung mit 0,8 nH zwischen Masse des ICs und dem eigentlichen Massebezug des HF-Signals (ground plane) angesetzt. Dieser Wert, der im ersten Augenblick recht unbedeutend wirkt, führt aber zu einer erheblichen Verschlechterung der Ein- und Ausgangsreflexionsfaktoren und der Verstärkungsfunktion (dargestellt sind nur Verstärkung S21 und Ausgangsreflexionsfaktor S22). Dies kann so weit führen, dass die Verstärkerschaltung zu schwingen beginnt. Bei der Ausführung des Layouts ist somit auf eine besonders gute Anbindung der Bauteilmasse zu achten, um Schwingneigungen des Verstärkers zu unterdrücken. Bei einer realen optimierten Masseanbindung von ca. 0,1 nH (**Bild 4**) zeigt die Simulation dann bereits wieder ein nahezu ideales Verhalten (in Vergleich zu **Bild 2**).

Leiterplattendesign

Neben einer guten Masseanbindung ist auch eine optimale Signalzuführung zum Verstärker-IC wichtig. Um all dies zu gewährleisten, ist die Leiterplatte als 4-lagiger Multilayer ausgeführt. Alle Signalleitungen

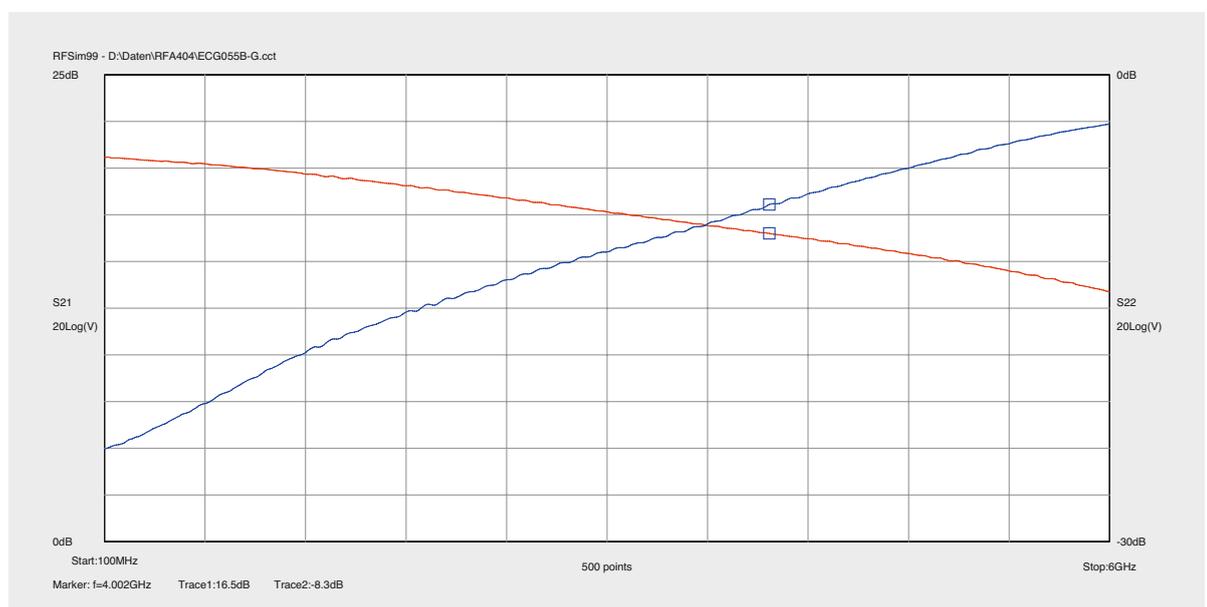


Bild 2: ECG055B-G: Verstärkung S21 (rot) und Ausgangsreflexionsfaktor S22 (blau) lt. Simulation

liegen dabei auf dem oberen Signallayer. Die für die Definition der Streifenleitung bestimmende Bezugsmasse liegt auf dem ersten Innenlayer im Abstand von ca. 360 μm . Damit ergibt sich bei gegebenen Materialeigenschaften eine Leitungsbreite von ca. 720 μm für die 50- Ω -Streifenleitungen zwischen HF-Eingang, IC und HF-Ausgang.

Alle diese Designregeln, die darauf abzielen, parasitäre Effekte von Bauteilen und Unzulänglichkeiten beim Aufbau zu minimieren, sind im Schaltbild nicht zu erkennen. Sie sind jedoch ein Hauptbestandteil der Entwicklung einer solchen Schaltung und finden sich im optimierten Layout und den speziellen Anweisungen beim Aufbau der Verstärkerstufe wieder. Da die Besonderheiten des Platinenlayouts bereits in obiger Schaltungsbeschreibung mit eingeflossen sind, beschäftigt sich der nun folgende Nachbaubeschreibung hauptsächlich mit dem eigentlichen Aufbau des RFA 404.

Nachbau

Die Leiterplatte des HF-Verstärkers ist bereits weit-

gehend vorbestückt, da nahezu alle Komponenten in SMD-Bauform ausgeführt sind. Damit besteht der eigentliche Aufbau des Geräts aus dem Einlöten der Lötstifte und HF-Buchsen, dem Herstellen der DC-Spannungsversorgung und dem Einbau ins Gehäuse.

Im ersten Schritt werden die Lötstifte ST1 und ST2 von der Oberseite in die entsprechenden Bohrungen der Leiterplatte eingepresst und auf der Lötseite verlötet. Bild 5 zeigt die fertig aufgebaute Leiterplatte von der Bestückungsseite zusammen mit dem zugehörigen Bestückungsdruck.

Als nächstes erfolgt dann die Montage der SMA-Buchsen, was gleichzeitig den ersten Schritt des Gehäuseeinbaus darstellt. Die Platine ist für den Einbau in das Alu-Druckguss-Metallgehäuse mit den Außenabmessungen 64 x 58 x 35 mm vorgesehen. Für diese Anwendung ist das Alu-Druckguss-Gehäuse hervorragend geeignet, da die Verstärkerschaltung so HF-technisch abgeschirmt und für den rauen Laboreinsatz mechanisch geschützt ist. Da die Montage von Buchsen und Leiterplatte mit kleinen Tricks verbunden ist, ist es wichtig, zunächst alle Schritte zu lesen und erst dann mit dem praktischen Nachbau zu beginnen.

Zur Montage werden zunächst die SMA-Buchsen von innen durch die dafür vorgesehenen Bohrungen des Gehäuses gesteckt. Von außen folgen dann Zahnscheibe und Mutter. Die Mutter wird dabei nur von Hand aufgeschraubt, sodass noch ein Spiel von ca. 2 mm bleibt. Die Buchsen sind so ausgeführt, dass später im montierten Zustand die Leiterplatte

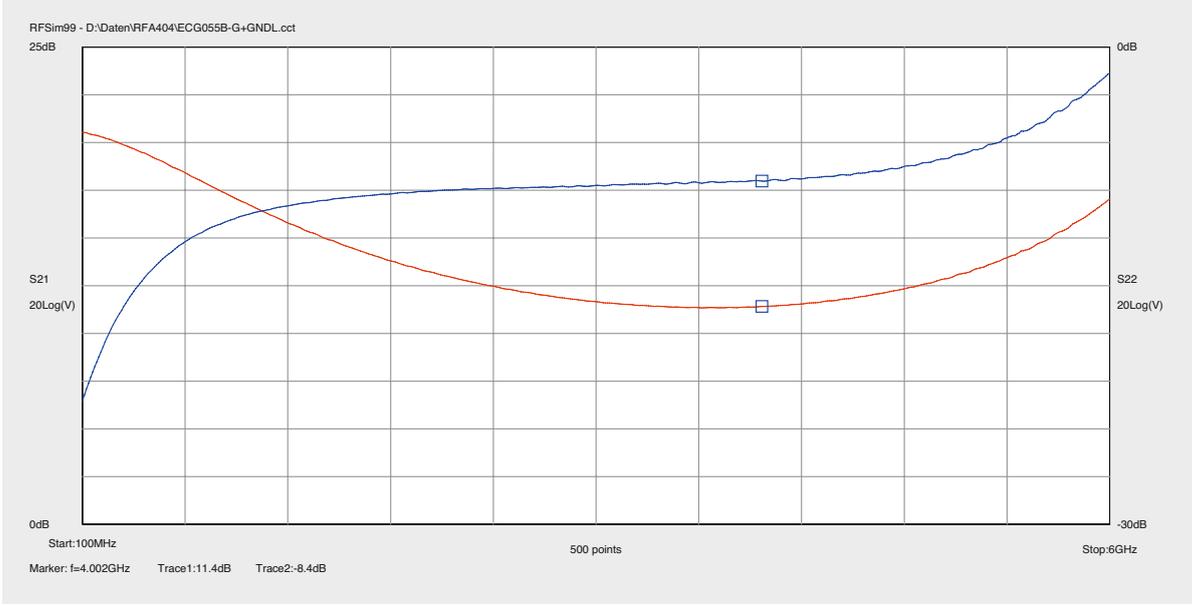


Bild 3: ECG055B-G + 0,8 nH im GND-Pfad: Verstärkung S21 (rot) und Ausgangsreflektionsfaktor S22 (blau) lt. Simulation

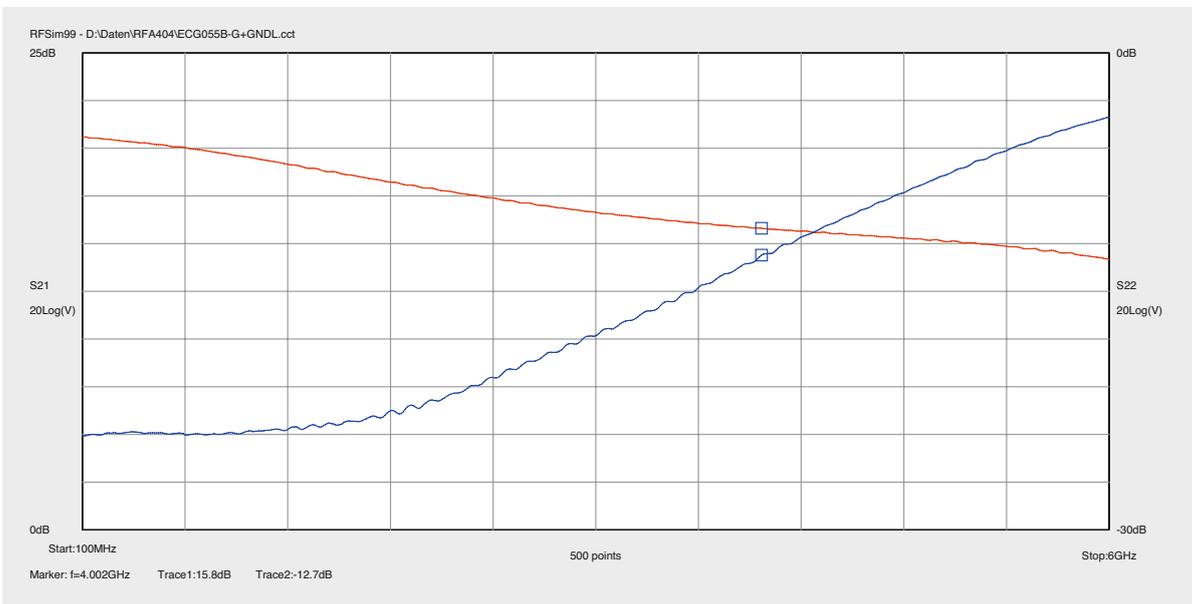


Bild 4: ECG055B-G + 0,1 nH im GND-Pfad: Verstärkung S21 (rot) und Ausgangsreflektionsfaktor S22 (blau) lt. Simulation

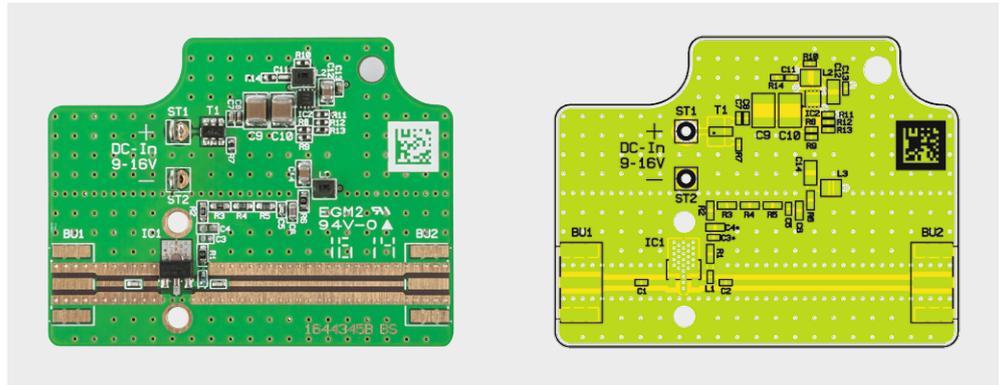


Bild 5: Platinenfoto mit zugehörigem Bestückungsdruck

zwischen den 4 Massestegen liegt und das heiße Ende der Buchse auf dem zugehörigen Pad der HF-Signalleitung liegt.

Für den Einbau der Leiterplatte müssen nun die Buchsen senkrecht gestellt werden (Bild 6). Anschließend wird dann die Leiterplatte von oben senkrecht in die Führung der Buchsen eingeschoben. Unter Umständen „läuft das Ganze etwas stramm“, sodass hier etwas Fingerspitzengefühl gefordert ist. Die Leiterplatte wird soweit eingeschoben, dass die heißen Anschlüsse und die Masseanschlüsse der SMA-Buchsen auf den zugehörigen Pads liegen. Bild 7 zeigt die senkrecht eingesteckte Platine.

Anschließend werden Leiterplatte und Buchsen so gedreht, dass die Leiterplatte normal im Gehäuse liegt. Vor dem Herstellen der Lötverbindung Buchse–Leiterplatte müssen alle Komponenten aufeinander ausgerichtet werden. Zunächst wird Buchse BU1 exakt mittig auf den Pads ausgerichtet, durch leichten Druck mit dem Finger von außen auf die Buchse schiebt man diese dann bündig an die Leiterplatte heran. Erst dann, wenn die Pins korrekt ausgerichtet sind und die Buchse plan anliegt, wird der obere Masseanschluss der Buchse mit wenig Lötzinn angeheftet. Die gleichen Arbeitsschritte sind für die vorläufige Montage der Ausgangsbuchse BU2 notwendig. Den Abschluss dieser Arbeitsschritte zeigt der Aufbau in Bild 8. Es ist wichtig, dass dieser Schritt sorgfältig ausgeführt wird, da sich die Leiterplatte ansonsten nicht für das Verlöten der Unterseite drehen lässt.

Für eine korrekte Funktion und gute Ein- und Ausgangsreflexionsfaktoren ist es notwendig, die SMA-Buchsen auch auf der Unterseite anzulöten. Die einzelnen Masselayer sind zwar mit ausreichend Durchkontaktierungen auf der Leiterplatte miteinander verbunden. Optimaler ist es jedoch, wenn auch die GND-Anschlüsse zwischen Buchsen und Leiterplatte auf dem Masselayer der Unterseite korrekt verbunden sind.

Zum Anlöten der unteren GND-Anschlüsse wird die Leiterplatte wieder senkrecht gestellt. Das Spiel der Buchsen im Gehäuse sorgt dafür, dass sich auch die Buchsen leicht mitdrehen. Steht die Leiterplatte senkrecht, sind alle 4 GND-Anschlüsse mit ausreichend Lötzinn anzulöten. Bild 9 zeigt die Arbeitsposition und die bereits korrekt angelöteten Buchsen.

Anschließend wird die Leiterplatte dann wieder in liegende Position gedreht, um alle obigen Anschlüsse (GND und Signal) der Buchsen anzulöten. Erst wenn die Buchsen komplett verlötet sind, werden die Muttern festgezogen. Dabei reicht es aus, die Muttern handfest (ca. 0,5 Nm) anzuziehen, um die Zugkräfte auf die Löt pads gering zu halten. Eine weitere Befestigung der Leiterplatte ist nicht erforderlich und nicht vorgesehen. Bild 10 zeigt die fertig montierte Leiterplatte.

Im letzten Schritt wird der Anschluss der Versorgungsspannung hergestellt. Dazu ist zunächst die auch in Bild 10 gezeigte Drosselspule zu wickeln. Die rote und schwarze Leitung sind dafür so von innen durch den Ferrit-Ringkern zu stecken, dass beide Enden ca. 2 cm herausragen. Die Wicklungen werden anschließend mit den längeren Enden ausgeführt. Zum Wickeln der stromkompensierten Spule ist zunächst die rote Leitung in eine Richtung um den Ringkern zu wickeln (2 Win-



Bild 6: Metallgehäuse mit eingebauten SMA-Buchsen (senkrecht gestellt)



Bild 7: Leiterplatte senkrecht in die SMA-Buchsen eingeschoben



Bild 8: SMA-Buchsen positioniert und auf der Oberseite angeheftet

dungen). Die schwarze Leitung wird dann in gleicher Weise gewickelt, sodass sich die beiden Enden am gegenüberliegende Ende des Ringkerns wieder treffen (vgl. Bild 11). Dort werden diese auf eine verbleibende Restlänge von ca. 2 cm gekürzt. Zu beachten ist, dass die Wicklungen eng geführt werden, da der innere Kerndurchmesser durch die durchzusteckenden Leitungen nahezu voll ausgefüllt ist. Das Abisolieren aller vier Leitungen auf 3 mm Länge und das Verzinnen der Enden schließen die Vorbereitungen an der Drosselspule ab.

Zur Montage der DC-Buchse ist der Buchsenkörper so von außen durch die entsprechende Bohrung zu stecken, dass sich das längere Masseanschlussblech der Buchse senkrecht oberhalb des Lötstifts ST2 befindet. Die von innen aufzuschraubende Mutter mit Unterlegscheibe fixiert die Buchse in dieser Position. Das Herstellen der elektrischen Verbindung beginnt mit dem Anlöten der Leitungsenden an die Lötstifte ST1 und ST2. Dabei ist die rote Leitung an ST1 und die schwarze an ST2 anzulöten. Auf der Buchsenseite

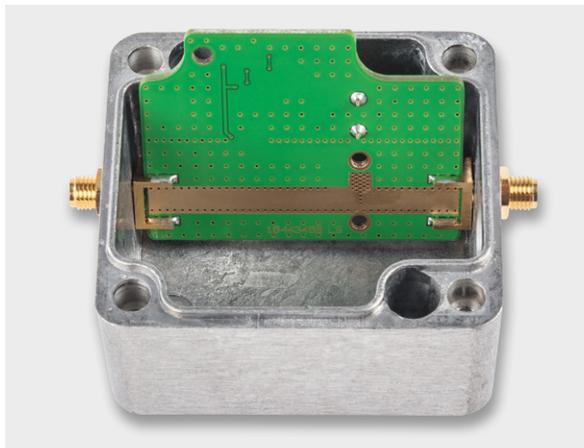


Bild 9: Anlöten der SMA-Buchsen auf der Unterseite bei senkrecht stehender Leiterplatte



Bild 10: Innenansicht des RFA 404



Bild 11: Fertig gewickelte stromkompensierte Ringkerndrossel

ist dann die rote Leitung an den Mittelpin der Buchse und die schwarze Leitung ans Masseblech anzulöten.

Inbetriebnahme/Bedienung

Eine klassische Inbetriebnahme ist bei diesem Gerät eigentlich nicht erforderlich, da das Gerät weder Einstell- noch Kalibriereinrichtungen enthält. Liegt die Systemspannung von 8 V am Knotenpunkt R6, C6, C5 korrekt an, so kann davon ausgegangen werden, dass der HF-Verstärker ordnungsgemäß arbeitet.

Das Aufschrauben des Gehäusedeckels schließt die Aufbauarbeiten endgültig ab. Das mitgelieferte Dichtungsband wird dabei nicht verwendet. Ein Schutz gegen Eindringen von Wasser mit Schutzart IP44 (Spritzwasser aus allen Richtungen) oder höher kann das Gerät schon allein aufgrund der Buchsen nicht gewährleisten. Von daher wird auf die Dichtung verzichtet, was noch eine geringfügig bessere Schirmdämpfung des Gehäuses mit sich bringt. Mithilfe der vier M4-Senkkopfschrauben wird dann der Gehäusedeckel angeschraubt.

Steht entsprechendes Messequipment zur Verfügung, kann zur Endkontrolle der Frequenzgang der Schaltung aufgenommen und die Verstärkung geprüft werden. Das am SMA-Eingang BU1 eingespeiste Signal erscheint um ca. 18 dB (bei 1 GHz) verstärkt an der Ausgangsbuchse BU2. Somit ist der HF-Verstärker RFA 404 fertig aufgebaut und kann in einem seiner vielen Einsatzgebiete eingesetzt werden. **ELV**

Widerstände:

0 Ω /SMD/0603	R1, R6
10 Ω /SMD/0402	R14
10 Ω /1 %/SMD/0603	R4, R5
15 Ω /1 %/SMD/0603	R2, R3
1 k Ω /SMD/0402	R7
82 k Ω /SMD/0402	R9
100 k Ω /SMD/0402	R10
220 k Ω /SMD/0402	R12, R13
470 k Ω /SMD/0402	R8
1 M Ω /SMD/0402	R11

Kondensatoren:

22 pF/50 V/SMD/0402	C1, C2
33 pF/50 V/SMD/0402	C11
100 pF/50 V/SMD/0402	C5
1 nF/SMD/0603	C6
3,3 nF/50 V/SMD/0402	C7
100 nF/16 V/SMD/0402	C8, C13
10 μ F/16 V/SMD/0805	C12, C14
10 μ F/50 V/SMD/1210	C9, C10

Halbleiter:

ECG055B-G/20 dB/DC bis 6 GHz/SMD	IC1
TPS62125DSG/SMD	IC2
uPA1918TE/SMD	T1

Sonstiges:

SMD-Induktivität, 10 nH/0402	L1
Speicherdrosseln, SMD, 10 μ H/550 mA	L2, L3
SMA-Buchse, 18 GHz, vergoldet, SMD	BU1, BU2
Lötstifte mit Lötöse	ST1, ST2
Hohlsteckerbuchse, 5,5/2,1 mm, Frontplattenmontage	
flexible Leitung, ST1 x 0,22 mm ² , rot	
flexible Leitung, ST1 x 0,22 mm ² , schwarz	
Ferrit-Ringkern, \varnothing 10 (6) x 4 mm	
Alu-Gehäuse, bearbeitet und bedruckt, komplett	