

Bernd Kaa, DG 4 RBF

# Rauscharmer MMIC-Verstärker für 2 bis 28 GHz

Der ADL9006 von ANALOG DEVICES ist ein extrem breitbandiger MMIC-Verstärker mit beeindruckenden Daten.

Die typische Verstärkung liegt bei 15,5 dB im Bereich von 6 GHz bis 28 GHz und die Rauschzahl wird mit typisch 2,5 dB im Bereich von 2 bis 20 GHz angegeben. Seine Ausgangsleistung ( $P_{1dB}$ ) beträgt typisch +20 dBm bei 2 bis 6 GHz.

Der Baustein ist an Ein- und Ausgang bereits intern an 50 Ohm angepasst und benötigt nur eine einzige Betriebsspannung von +5 V mit ca. 53 mA. Desweiteren sind die Kondensatoren an Ein- und Ausgang ebenfalls bereits im Baustein integriert.

## 1. Intern

Intern ist der MMIC-Verstärkerbaustein vom Typ ADL9006 ein „distributed amplifier“ auf GaAs, pHEMT Basis mit integrierter HF-Drossel.

## 2. Anwendung

Der Baustein eignet sich hervorragend als breitbandiger Vorverstärker für Messzwecke z.B. als Vorverstärker für einen Spektrum-Analysator.

Sollte eine Verstärkungsregelung benötigt werden, kann dies mit diesem Baustein einfach realisiert werden. Der

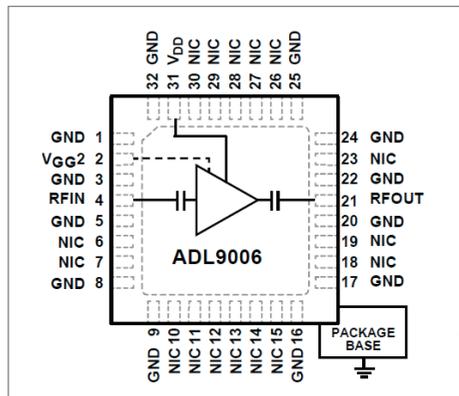
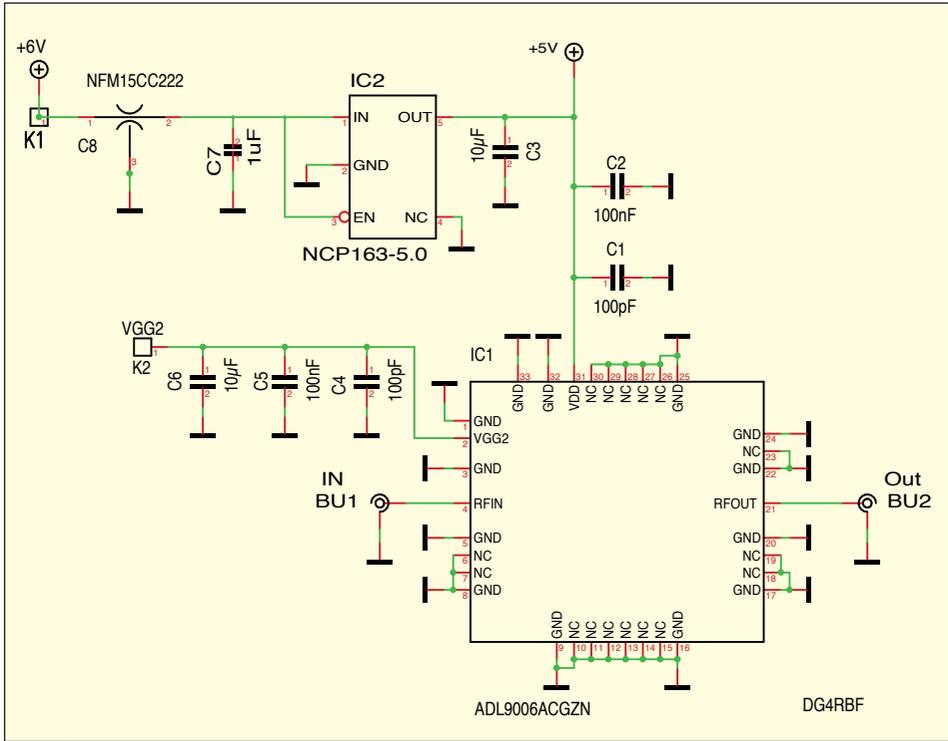


Bild 1: Die Beschaltung des ADL9006



**Bild 2: Der Schaltplan des rauscharmen MMIC-Verstärkers für 2 bis 28 GHz**

ADL9006 besitzt einen Regelanschluss ( $V_{GG2}$ ), an dem eine Regelspannung von -2 V bis +2,6 V angelegt und damit die Verstärkung in einem weiten Bereich eingestellt werden kann. Wird der Anschluss Verstärkungs-Einstellung (Gain-Control) nicht benötigt, so lässt man ihn einfach offen und erhält so die maximale Verstärkung.

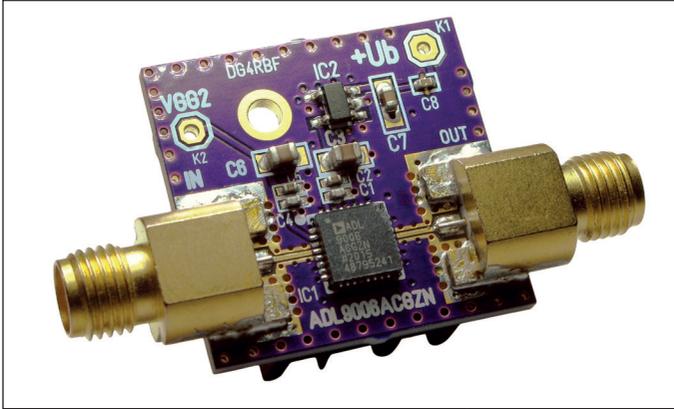
NCP163-5.0, der mit einem RMS-Rauschen von  $6,5 \mu\text{V}$  angegeben ist, ein paar Abblockkondensatoren und zwei gute SMA-Buchsen. Der EMI-Abblockkondensator C8 wirkt ähnlich wie ein Durchführungskondensator und sorgt für eine gute Entkopplung zur Stromversorgung. Die Kondensatoren an Ein- und Ausgang sind bereits im IC vorhanden.

### 3. Schaltung

Die äußere Beschaltung des MMICs ist auf ein Minimum reduziert (**Bild 2**). Man benötigt einen +5 Volt Ultra-Low-Noise Spannungsregler z.B. den

### 4. Leiterplattenmaterial

Normalerweise sollte man für so hohe Frequenzen Leiterplatten aus PFTE



*Bild 3:  
Aufbau-Version A  
mit 4-lagigem FR408*

(z.B. TEFLON) oder speziellen HF-geeigneten Materialien (z.B. von ROGERS) mit definiertem  $\epsilon_r$  und niedrigen Verlusten verwenden. Es gibt jedoch Leiterplattenhersteller, die Impedanz-kontrollierte 4-lagige Leiterplatten aus FR4 oder FR408 anbieten. Mit diesen Materialien habe ich in der Vergangenheit bereits gute Erfahrungen gemacht.

Platinen mit 4 Lagern haben den Vorteil, dass sich damit schmale 50  $\Omega$ -Streifenleitungen realisieren lassen, die für moderne ICs mit ihren kleinen Abmessungen notwendig sind. Die Anschluss pads für den ADL9006 sind nur 0,3 mm breit. Um Stoßstellen zu vermeiden, sollte die 50  $\Omega$ -Streifenleitung nicht zu sehr von dieser Breite abweichen.

Je nach Aufbau des verwendeten 4-lagigen Materials beträgt die Dicke des Dielektrikums der oberen Struktur (Layer1) ca. 0,1 mm bis 0,2 mm. Damit lassen sich 50  $\Omega$ -Streifenleitungen mit ca. 0,3 mm Breite realisieren. Ein weiterer Vorteil des dünnen Dielektrikums ist, dass Durchkontaktierungen einen kurzen Weg nach

Masse haben und so weniger Induktivität besitzen.

Es gibt aber auch Nachteile des dünnen Dielektrikums und zwar beim Übergang von der koaxialen SMA-Buchse auf die Leiterplatte. Hier sind spezielle Strukturen sinnvoll, um bei hohen Frequenzen einen stoßstellenarmen Übergang zu erreichen.

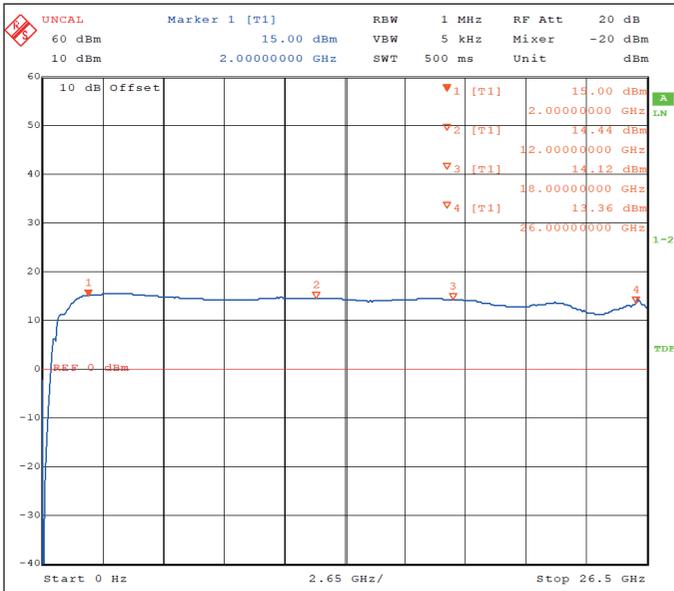
## 5. Stückliste

Für die Baugruppe werden folgende Bauteile benötigt:

C1 + C4	100 pF, Kond., SMD 0402
C2 + C5	100 nF, Kond., SMD 0402
C3 + C6	10 $\mu$ F, Kond., SMD 0805
C7	1 $\mu$ F Kond., SMA 0805
C8	NFM15CC222
IC1	ADL9006ACGZN
IC2	NCP163-5.0

Verwendete SMA-Buchse:

Version A: Ähnlich (82\_SMA-S50-0-45/111\_NE) aber mit Flügeln  
Version B: 32K243-40ML5 von ROSENBERGER

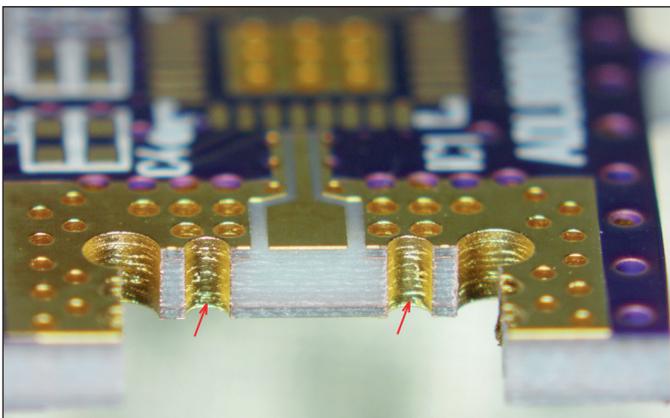


**Bild 4:**  
Die S21-Messung des Aufbaus Version A zeigt einen sehr geraden Verlauf des Frequenzgangs

## 6. Zwei unterschiedliche PCB-Ausführungen

Version A: Hier kommt eine 4-lagi-

ge Leiterplatte aus FR408 zum Einsatz. Diese Leiterplatte wurde für spezielle PCB-SMA-Buchsen entworfen. So lassen sich sehr kurze Streifenleitungen realisieren, was natürlich sehr wichtig ist, da die



**Bild 5:**  
Nachbearbeitung im Anschlussbereich für die SMA-Buchse (Version A)



**Bild 6: Präzisionsbuchse ROSENBERGER**

Verluste von FR4 bei hohen Frequenzen schon sehr ins Gewicht fallen.

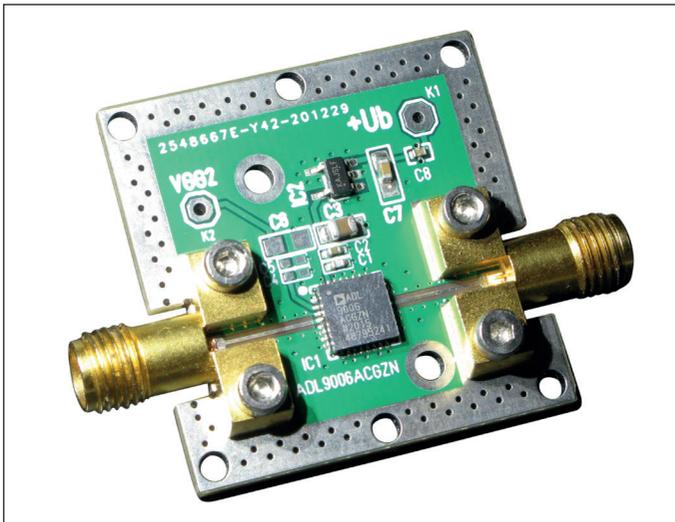
Vorausgegangene Messungen haben ergeben, dass diese Streifenleitungen bei 20 GHz eine Dämpfung von ca. 0,9 dB/cm haben können. Achtet man also strikt auf kurze Leitungslängen, so sind die Verluste noch vertretbar. Die S21-Messung der Version A bis 26,5 GHz zeigt **Bild 4**: Hier sieht man einen sehr geraden Frequenzgang ohne Einbrüche.

## 7. Übergang der SMA-Buchse auf die Streifenleitung

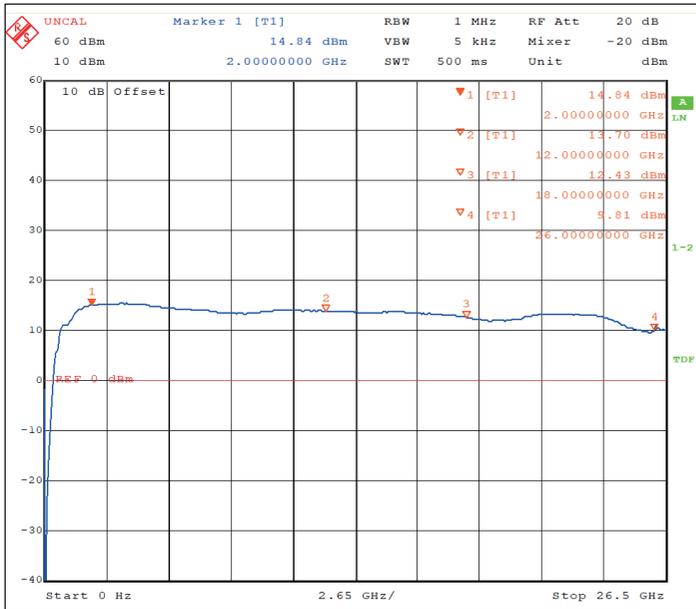
Wichtig bei diesem Layout (**Bild 5**) sind die angefrästen Durchkontaktierungen direkt neben dem Mittel-Pin (rote Pfeile). So erreicht man einen kurzen Rücklaufpfad nach Masse (GND) direkt an der SMA-Buchse. Dies wirkt ähnlich wie eine Kantenmetallisierung und ist extrem wichtig bei hohen Frequenzen.

Die spezielle Leiterbahnstruktur im Übergangsbereich der coaxialen SMA-Buchse auf die Streifenleitung der 4-Layer-PCB ist nicht trivial und bedarf eines eigenen Artikels.

**Version B:** Eine 4-Layer-Leiterplatte aus Impedanz-kontrolliertem FR4. Diese Leiterplatte wurde als Sandwich-Leiterplatte und speziell für die Präzisionsbuchse

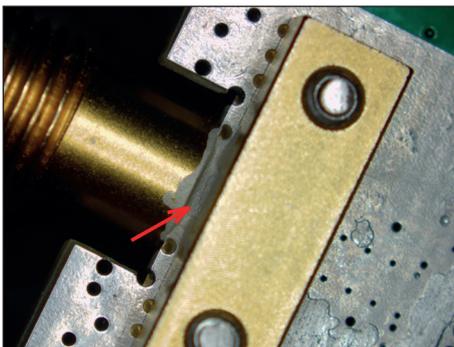


**Bild 7:  
Version B**



**Bild 8:**  
Wie erwartet zeigt die S21-Messung des Aufbaus der Version B durch die längeren Streifenleitungen geringfügig höhere Dämpfung

von ROSENBERGER (32K243-40ML5) entworfen. Die Leiterplatte ist so konzipiert, dass sie, wie bei einem Sandwich, zwischen einen Alu-Rahmen aus Profilmaterial (30 mm x 30 mm x 3 mm) und eine Bodenplatte geschraubt werden kann.



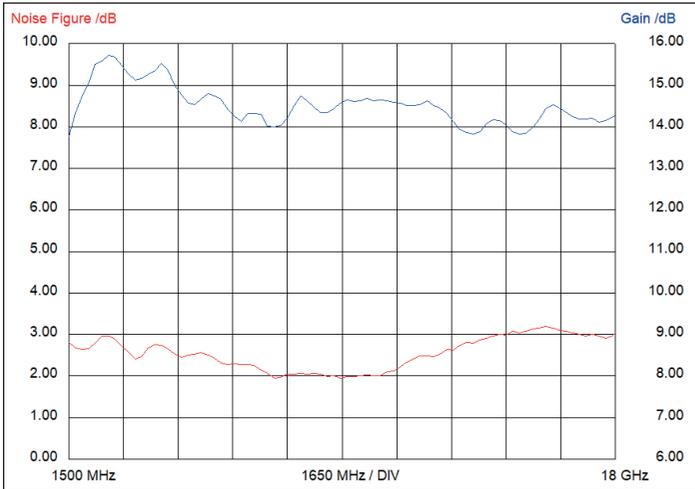
**Bild 9:** Leitsilber-Gel für gute HF-Masse

Konstruktionsbedingt ist hier natürlich die Streifenleitung einige Millimeter länger und hat somit etwas mehr Dämpfung im oberen Frequenzbereich.

Hinweis zur SMA-Buchse: Durch Anschrauben der Buchse wird der Mittel-Pin noch nicht automatisch kontaktiert - er sollte angelötet werden.

Hier die bestückte Sandwich-Leiterplatte mit den SMA-Buchsen von Rosenberger zum Anschrauben (**Bild 6**). Wenn die Verstärkungsregelung nicht benützt wird, kann der Anschluss  $V_{GG2}$  unbeschaltet bleiben.

Diese Leiterplatte muss im Anschlussbereich der SMA-Buchse mit einer Feile noch etwas nachbearbeitet werden, so dass auch hier der Return-Pfad ganz nahe an der SMA-Buchse sitzt, (siehe **Bild 7**).



**Bild 10:**  
Das Ergebnis der Rauschzahl-Messung (rot dargestellt) und der Verstärkung (blaue Linie)

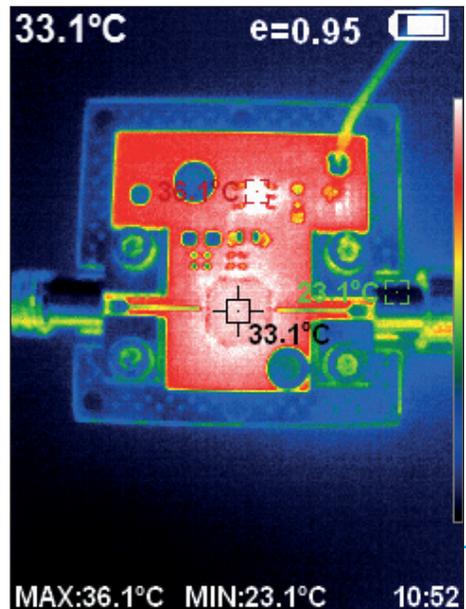
Die S21-Messung der Version B zeigt **Bild 8**. Wie erwartet hat die Version B durch die längere Streifenleitung geringfügig mehr Dämpfung.

Mehr Sicherheit für eine gute HF-Masse (kurzer Return-Pfad), auch auf der Unterseite, schafft eine zusätzliche Masse-Kontaktierung mit Leitsilber-Gel auf der Rückseite (**Bild 9**). Solche Maßnahmen machen sich aber vorrangig im oberen Frequenzbereich bemerkbar.

LNA und einer Rauschquelle von HP (HP 346B), die bis 18 GHz kalibriert ist.

## 8. Messung der Rauschzahl

Der ADL9006 ist ein Low-Noise Verstärker und wird mit einer Rauschzahl von typisch 2,5 dB bei 2 bis 20 GHz angegeben. Deshalb darf hier eine Messung der Rauschzahl nicht fehlen. Gemessen wurde mit einem FSIQ26 von ROHDE & SCHWARZ mit der dazu gehörigen Noise Figure Software FS-K3, einem 15 dB-



**Bild 11:** Wärmebild der Baugruppe

Die Messung der Rauschzahl (**Bild 10**) wurde im Bereich von 1,5 bis 18 GHz durchgeführt und liegt im Bereich von 1,94 bis 3,19 dB. Das ist ein sehr guter Wert und liegt im Rahmen der Angaben des Datenblatts.

## 9. Erwärmung

Selbst ohne Gehäuse, das ja auch zur Wärmeableitung dienen würde, erwärmt sich das Verstärker-IC kaum. Bei einer Umgebungstemperatur von 24,4° C wurde am IC selbst 33,1° C gemessen (**Bild 11**). Dies ist im Sinne einer niedrigen Rauchzahl sehr positiv. Bei dieser Messung wurde eine Versorgungsspannung von +6,0 V verwendet.

## 10. Lötverfahren

Es sei noch erwähnt, dass ein normaler Lötvorgang mit LötKolben hier

nicht mehr möglich ist. Ich habe diese Bauteile mit einer Hot-Plate aufgelötet. Hierbei wird die Platine von unten erhitzt bis die zuvor aufgetragene Lötpaste schmilzt. So ist das Löten einfach möglich wobei man den Lötvorgang mit einem USB-Mikroskop kontrollieren sollte.

Link zu einem kurzen Video:  
[www.dg4rbf.de/Video/VID\\_Loeten.mp4](http://www.dg4rbf.de/Video/VID_Loeten.mp4)

## 11. Schluss

Beide Aufbau-Versionen des Schaltungsaufbaus sind technisch gelungen und zeigen, welch toller Baustein der ADL9006 von ANALOG DEVICES ist.

Weiterhin zeigen diese Aufbauten, dass es unter bestimmten Voraussetzungen also durchaus möglich, 4-Layer FR408 und FR4-Leiterplatten sogar noch über 20 GHz erfolgreich einzusetzen.

ANZEIGE

 <p>1032 <b>DBA-270</b> Dualband Preampifier 144 - 146 MHz 430 - 440 MHz CE RoHS www.esb-electronic.com</p>	<b>DBA 270</b>	<b>Duoband - LNA</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>- mit selektiven Verstärkern</li><li>- Diplexer integriert</li><li>- HF-VOX: autom. S/E-Umschaltg.</li><li>- fernspeisb. über Koax o. separat</li></ul>	<p>Frequenzbereich 144 - 146 MHz + 430 - 440 MHz Verstärkung, typ. 20 / 24 dB Rauschzahl, typ. 0,5 dB / 2 m + 0,7 dB / 70 cm Einfügedämpfung ca. 0,1 dB / 2 m + 0,2 dB / 70 cm max. HF-Leistung 100 W Versorgung 12 - 14 V DC / ca. 250 mA Anschlüsse N-Buchsen Maße + Gewicht 115 mm x 56 mm 82 mm; 200 gr. Ausführung im Wetterschutzgeh. f. Mastmont. Ø 58 mm</p>
	<b>Art.Nr.:</b>	<b>S1032</b> € 275,-