

USB-gespeister 433,92-MHz-Leistungsverstärker mit Übertemperatur-Management

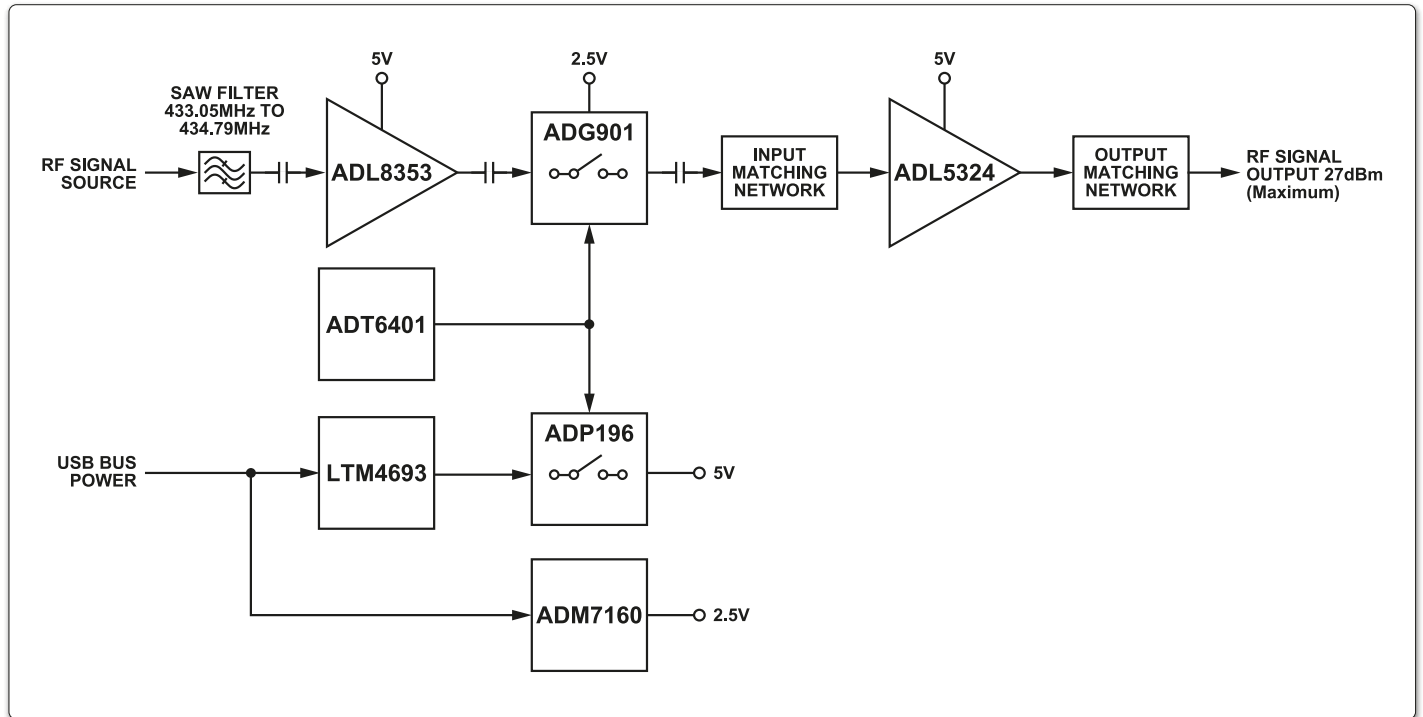


Bild 1: Vereinfachtes Blockschaltbild

Obwohl das ISM-Band 433,92 MHz ursprünglich für Anwendungen außerhalb der Funkkommunikation gedacht war, haben Fortschritte bei den drahtlosen Technologien und Normen das Band im Laufe der Jahre für drahtlose Kommunikationssysteme mit kurzer Reichweite attraktiv gemacht. Auch ist für Betreiber in der ITU-Region 1 keine Lizenz erforderlich. Übliche Anwendungen finden sich hier in softwaredefinierten Funkgeräten, medizinischen Geräten und industriellen Funksteuerungssystemen für schwere Maschinen.

Der CN0551 im Überblick

Die Aufmachergrafik zeigt einen im Prinzip zweistufigen HF-Verstärkerblock, der für Sendesignalketten im 433,92-MHz-Band optimiert ist. Er ist gemäß Bild 1 strukturiert. Bei der Mittenfrequenz liefert die Schaltung eine Verstärkung von etwa 35,8 dB. Die Eingangs- und -Ausgangs-

anschlüsse sind mit einer 50-Ohm-Impedanzanpassung ausgestattet. Um eine Überhitzung zu vermeiden, schaltet eine Temperaturüberwachung den Verstärker ab, wenn ein benutzerdefinierter Temperaturgrenzwert erreicht wird und automatisch wieder ein, wenn die Temperatur unter den Hysterese-Sollwert fällt.

Das HF-Signal des CN0551 wird zunächst durch ein SAW-Filter geleitet, bevor es die Verstärkungsstufen durchläuft. Die erste Stufe ist ein AD8353, der eine feste Verstärkung von 19,6 dB bietet (Bild 2). Die HF-Pins des AD8353 sind intern auf 50 Ohm angepasst. Für den ordnungsgemäßen Betrieb des AD8353 sind

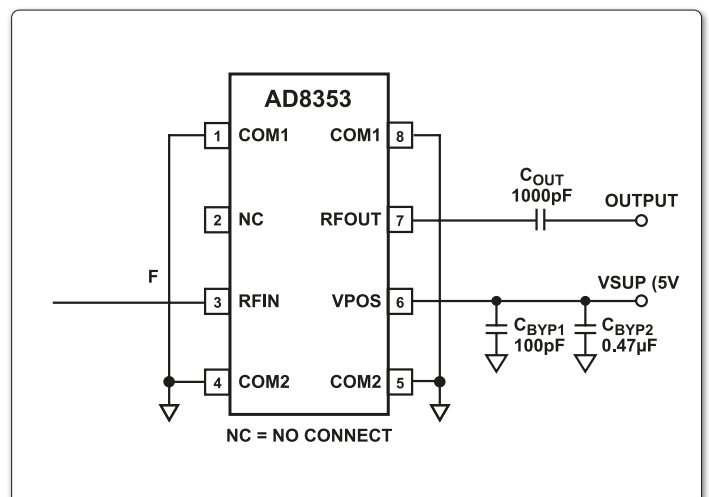


Bild 2: Anschlussdiagramm AD8353

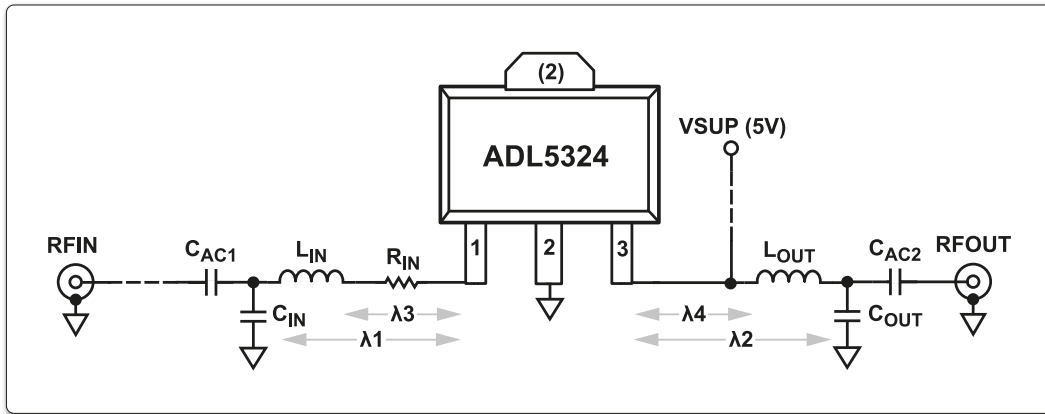


Bild 3: ADL5324 mit externer Beschaltung

nur AC- Koppelkondensatoren an den HF-Pins und Bypass-Kondensatoren an den Versorgungs-Pins erforderlich.

Ein ADL5324-HF-Treiberverstärker (Bild 3) dient als zweite Stufe. Dieses IC hat eine typischen Verstärkung von 18,2 dB und einen typischen Ausgangs-Intercept-Punkt dritter Ordnung (OIP3) von 38,4 dBm bei 433...435 MHz.

Die Einstellung des Bias-Punktes kann durch einfaches Anlegen von 5 V an den RF_{OUT}-Pin über eine HF-Drossel erfolgen. Um HF-Signale und hochfrequentes Rauschen auf den Speiseleitungen herauszufiltern, benötigt der ADL5324 drei Entkoppelkondensatoren in der Vorspannung der Ausgangsstufe. Um eine optimale Leistung zu erzielen, benötigt der ADL5324

externe Anpassungsnetzwerke, bei denen die Impedanzen auf das gewünschte Frequenzband abgestimmt sind.

Zur HF-Leistung

Die resultierenden S-Parameter sowie Ergebnisse von Phasenrauschmessungen für den CN0551 sind in den Bildern 4 und 5 dargestellt. Bei der Mittenfrequenz von 433,92 MHz erreicht der CN0551 eine Verstärkung von 35,8 dB. Das System weist ein geringes Phasenrauschen mit Werten um -145 dBc/Hz bei Frequenzoffsets von 10 kHz und 100 kHz sowie -130 dB/Hz bei 1 MHz auf. Bei Frequenzoffsets über 1 MHz bleiben die Werte unterhalb von -130 dBc/Hz. Das System ist über das gesamte 433,92-MHz-ISM-Frequenzband stabil, wobei

der Stabilitätsfaktor nach Rollet (k-Faktor) über 1 und das Hilfsstabilitätsmaß (B1) über 0 liegen.

Mit dem standardmäßig am CN0551 installierten SAW-Filter ergibt sich bei einer Eingangsleistung von -3 dBm eine maximale Ausgangsleistung von 0,5 W. Die absolute maximale Eingangsleistung beträgt 10 dBm. Ein Betrieb der Schaltung oberhalb dieses Eingangspegels wird nicht empfohlen.

Übertemperatur-Management

Auf dem CN0551 ist ein Übertemperaturmanagement implementiert, bei dem die Verstärkerschaltung automatisch deaktiviert wird, wenn die Leiterplattentemperatur einen voreingestellten Schwellenwert erreicht (Bild 6). Der CN0551 schaltet sich automatisch wieder

ein, sobald die Temperatur unter den Hysterese-Sollwert fällt. Diese Funktion wird über den

Open-Drain-Ausgang (T_{OVER}/T_{UNDER}) des Temperaturschalters ADT6401 realisiert, der die Temperatur in der Nähe des ADL5324 überwacht und mit einem per Pin programmierbaren Auslösepunkt vergleicht.

Die Zustände der Pins S0, S1 und S2 bestimmen den Temperaturauslösepunkt und die Hysterese des ADT6401.

Der ADL5324 hat keine interne Abschalteneinrichtung, die direkt über den ADT6401-Ausgang angesteuert werden kann, und somit muss diese Funktion extern mit Schaltern implementiert werden. Im CN0551 wird dies durch den ADG901-HF-Schalter und den ADP196-Leistungs-Schalter realisiert, welche den HF-Eingang und die DC-Versorgung zum ADL5324 abschalten.

Für die beste Performance muss der thermische Übergangswiderstand zwischen dem GND-Pin des ADT9401 und dem GND-Pin der Wärmequelle minimiert werden. Daher ist es wichtig, dass der ADT6401 so nah wie möglich am ADL5324 platziert wird.

Layout-Überlegungen

Der Leistungsverstärker erzeugt im Betrieb eine große Menge an Wärme; daher muss der

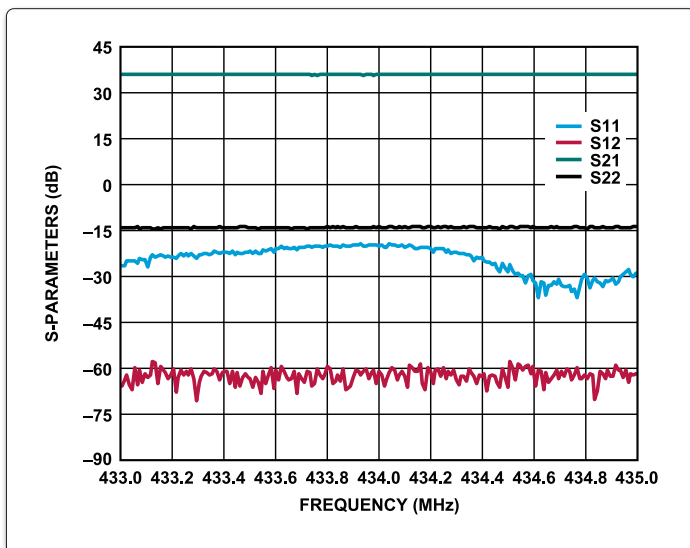


Bild 4: S-Parameter vs. Frequenz

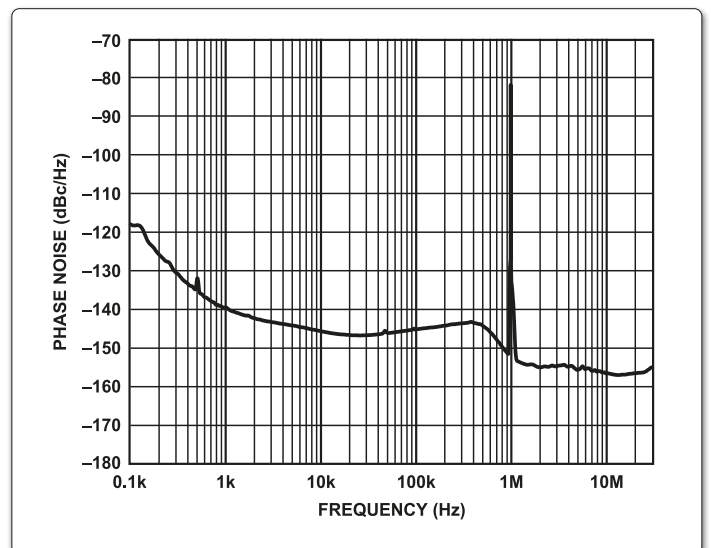


Bild 5: Phasenrauschen vs. Frequenz

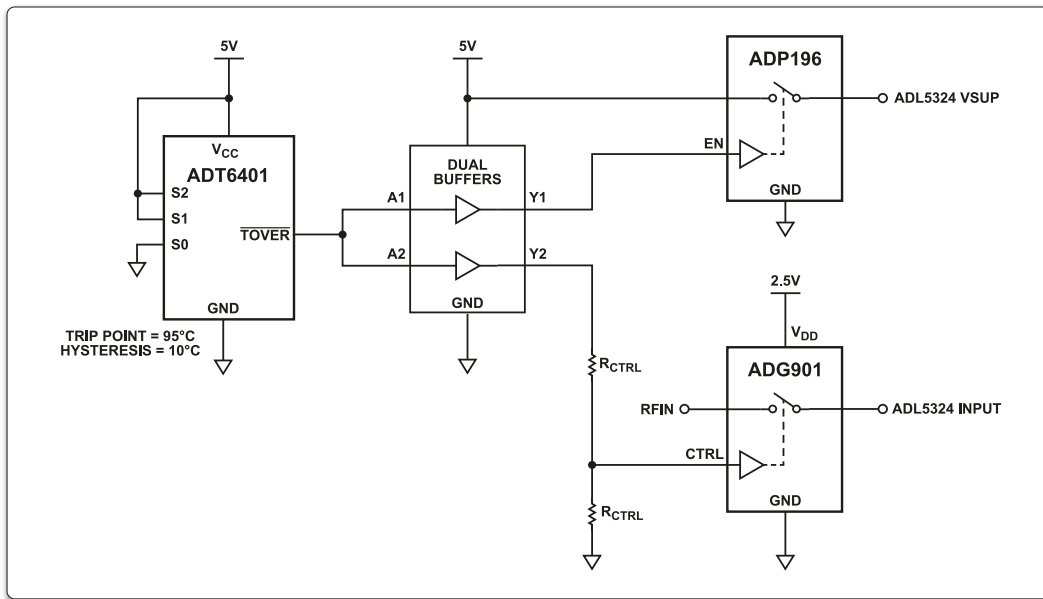


Bild 6: Die Wärme-Management-Struktur



Bild 7: Impression vom Wärme-Management, Verhalten bei einer HF-Eingangleistung von 10 dBm

Wärmeabfuhr besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Um der Problematik der Wärmeableitung zu begegnen, verwendet das Board EVAL-CN0551-EBZ eine dreilagige, dicke Massefläche und mehrere thermische Durchkontaktierungen um und unter dem ADL5324.

Die Beobachtung des EVAL-CN0551-EBZ mit einer Wärmebildkamera (Bild 7) zeigt eine Spitzentemperatur der Platine von ca. 46 °C um den ADL5324 bei einem HF-Eingang von -10 dBm. Die Kombination der Wärmeableitungsmethoden im Layout mit der Übertemperaturüberwachungsschaltung verhindert, dass der ADL5324 seine

maximale Sperrschichttemperatur erreicht.

USB-Power-Management

Der CN0551 wird über einen Micro-USB-Anschluss mit Strom versorgt und von einem LTM4693- μ Modul auf 5 V geregelt (Bild 8). Dieser ultraflache, eigenständige DC/DC-Abwärts/Aufwärts-Wandler vereinfacht das Design der Reglerschaltung, da er bereits einen Schaltregler und Leistungsbaulemente für eine rauscharme Verstärkerstromversorgung enthält. Die 5-V-Komponenten im CN0551 verbrauchen im Normalbetrieb etwa 175 mA, die hauptsächlich vom ADL5324 und vom AD8353 benötigt werden.

Mit einem maximalen Dauerstrom von 2 A ist der LTM4693 mehr als ausreichend, um die Stromanforderungen des CN0551 zu erfüllen. Für seinen ordnungsgemäßen Betrieb sind lediglich einige Bypass-Kondensatoren, ein Rückkopplungswiderstand und eine RC-Kompensationsschaltung erforderlich.

Übliche Varianten

Wenn eine Leistung von 0,5 W nicht benötigt wird, kann der ADL5320 als alternativer Treiberverstärker für das 433,92-MHz-Band verwendet werden. Im Vergleich zum ADL5324 bietet dieser Baustein eine etwas höhere Verstärkung und eine geringere Rauschzahl auf Kosten eines niedrigeren OIP3. Der gesättigte Ausgangspegel des ADL5320 beträgt nur etwa 250 mW.

Der ADT6402 kann auch als Temperaturschalter verwendet werden. Dieser Baustein ist pin-kompatibel und hat die gleichen Spezifikationen wie der ADT6401, verfügt jedoch über einen Active-Low-Ausgang. Bei Verwendung des ADT6402 ist ein invertierender Puffer erforderlich.

Analog Devices bietet außerdem ähnliche Verstärker-Designs für die Übertragung in den ISM-Bändern 915 MHz und 2,45 GHz an. ◀

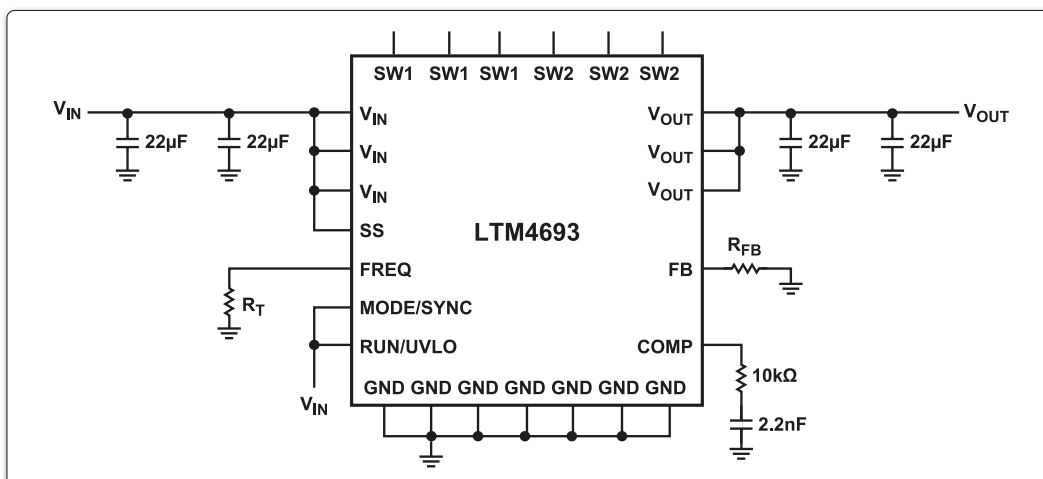


Bild 8: Das LTM4693- μ Modul