

Diss. ETH Nr. 12801

**Entwurf und Charakterisierung von
monolithisch integrierten GaAs - MESFET
Klasse AB Leistungsverstärkern**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

Thomas Achim Bös

Dipl.-Ing., Universität Duisburg
geboren am 30. Juli 1969
aus Deutschland

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. W. Bächtold, Referent
Prof. Dr. H. Jäckel, Korreferent

1998

Kurzfassung

Neue multimediale Anwendungen werden in Zukunft Benutzern von tragbaren, batteriebetriebenen Computern durch drahtlose lokale Netzwerke zur Verfügung stehen. Zur Übertragung der hohen Datenraten kann orthogonales Frequenzmultiplex (OFDM) als Modulationsverfahren verwendet werden. Phasen- und Amplitudenverzerrungen des modulierten Signales, welche durch die Verstärkung im Leistungsverstärker verursacht werden, erhöhen die Bitfehlerwahrscheinlichkeit. Aus diesem Grunde ist der Einsatz von Leistungsverstärkern mit möglichst linearen Übertragungscharakteristiken eine Anforderung. Gleichzeitig sollte der Wirkungsgrad des Leistungsverstärkers hoch sein, da die Betriebsdauer eines tragbaren Computers durch den Verbrauch an Batterieleistung beschränkt wird. Zusätzlich besteht der Wunsch nach Minimierung des Platzbedarfs, sodass der Leistungsverstärker und alle Anpass- und Versorgungsnetzwerke monolithisch integriert werden sollten.

In dieser Arbeit werden monolithisch integrierte Klasse AB Leistungsverstärker aufgebaut in GaAs-MESFET Technologie auf die gestellten Anforderungen untersucht. Zur Simulation wird die Methode der harmonischen Balance verwendet. Die MESFET Transistoren werden mit einem modifizierten Satz-Modell modelliert. Zur Bestimmung der DC-Parameter des nichtlinearen Modelles wird eine Parameterextraktion beschrieben. Diese Extraktionsmethode ist geeignet für nichtlineare Modelle, welche bei der Simulation von Leistungsverstärkern verwendet werden.

Der Entwurf und die Leistungsfähigkeit von Klasse AB Verstärkern wird durch die Wahl des Ruhearbeitspunktes und die Übertragungscharakteristik des Ausgangsanpassnetzwerkes bestimmt. Zwei Methoden zur Bestimmung des Ruhearbeitspunktes werden erläutert. Anhand eines einfachen Modells wird die Abhängigkeit der Verstärkung des Transistors vom Stromwinkel nachgewiesen. Der Einfluss von Ausgangsanpassnetzwerken mit Hoch- und Tiefpasscharakteristik und zusätzlichem Kurzschluss der zweiten Harmonischen auf die Ausgangsleistung, den Wirkungsgrad und die Unterdrückung des Intermodulationsproduktes dritter Ordnung wird analysiert. Die Simulation des Eintransistorverstärkers und der verwendeten Netzwerke wird so durchgeführt, dass eine Integration auf einem GaAs Chip möglich ist. Aus den Simulationsergebnissen werden allgemeine Entwurfsregeln für Leistungsverstärker abgeleitet.

Die gemessenen Resultate eines zweistufigen Leistungsverstärkers mit monolithisch integrierten Anpass- und Versorgungsnetzwerken werden

IV

analysiert. Die gemessene Ausgangsleistung, Wirkungsgrad, Harmonische und Intermodulationsprodukte dritter Ordnung stimmen gut mit der Simulation überein. Eine lineare Abhängigkeit der Ausgangsleistung von der Betriebsspannung wird experimentell nachgewiesen. Messungen oben erwähnter Leistungsverstärkerparameter über ein Frequenzintervall verifizieren einige aus den Simulationen qualitativ ermittelte Entwurfregeln. Ein zusätzlicher Kurzschluss der zweiten Harmonischen im Ausgangsanpassnetzwerk erhöht die Ausgangsleistung und den Wirkungsgrad.

Abstract

New multimedia applications in wireless local area networks will soon be available for users with portable, battery powered computers. For the transmission of the required high data rates, orthogonal division frequency multiplexing (OFDM) can be used as modulation scheme. With the amplification of the modulated signal in the power amplifier of the transmitter amplitude- and phase-distortion will occur causing an increased bit error rate. Thus a requirement of the power amplifier is a best possible linear transfer characteristic providing distortionless amplification. At the same time the power amplifier should have a high efficiency, because the operating time of the portable computer is limited by the battery life. Additionally the circuit size of the amplifier should be minimized by the monolithic integration of matching and bias networks.

In this thesis, monolithic integrated class AB power amplifiers with a GaAs-MESFETs are investigated. For the simulations the harmonic balance method is used. The MESFET transistors are modeled with a modified Statz model. For the determination of the DC parameters of the nonlinear model a special extraction procedure is used. The procedure is applicable for nonlinear devices used in power amplifier simulation.

The design and the performance of class AB power amplifiers are determined by the operating bias point and the transfer characteristic of the output matching network. Two methods for the determination of the bias point are described. The dependence of the transistor power gain on the conduction angle is shown by simulation with a simple model. The influence of output matching networks with high- and lowpass transfer characteristic and an additional short circuit for the second harmonic on the output power is investigated. The efficiency and the suppression of the third order intermodulation product is analyzed. Taking into account a monolithic integration on a GaAs chip, several design rules for power amplifiers are extracted from the simulation results.

The performance of a two stage power amplifier with monolithic integrated matching and bias networks has been measured. The output power, efficiency, harmonics and third order intermodulation products agree with the simulated parameters. An almost linear dependence of the output power on the applied supply voltage has been found. Measurements of the power amplifier performance parameter over a frequency range confirm the design rules extracted from the simulation. The output power and the efficiency can be increased by the integration of a short circuit for the second harmonic in the output matching network.