

# Linearer Leistungsverstärker für Wireless-LAN mit 22,5 dBm Ausgangsleistung

Frank Li, Walter Lau **Da sich WLAN-Anwendungen (drahtlose Netzwerke) künftig auch in tragbaren Geräten wiederfinden, werden zwangsläufig Forderungen nach sehr kleinen Bauformen laut. WLAN-Transceiver finden in Zukunft auf einer Platine so groß wie eine Memory-Karte (4,3 cm x 3,6 cm) Platz. Daher wird WLAN-Funktionalität künftig in tragbaren Geräten wie Kleinstdatenbanken, digitalen Kameras, MP3-Playern, Webpads und IP-basierten Drahtlostelefonen zu finden sein.**

**D**rahtlose Netzwerke (WLANs) wurden rapide weiterentwickelt, seit man sich im Jahre 1997 offiziell auf den Standard 802.11 geeinigt hat. Seit damals stieg die Datenrate von 1 bis 2 Mbit/s auf die heutigen 11 Mbit/s, und in naher Zukunft werden es 22 Mbit/s sein. Bei einer Betriebsfrequenz von 5 GHz wird schon über 54 Mbit/s nachgedacht. Gleichzeitig ist der Preis für eine WLAN-PC-Einsteckkarte bei 2,4 GHz von astronomischen \$600-800 auf nur \$129 gefallen. Seit mehrere Anbieter Wi-Fi-zertifizierte WLAN-Karten anbieten und nachdem auch eine Kompatibilität unter diesen Herstellern gegeben ist, wird der Preis für eine WLAN-Karte bis Jahresende wohl auf unter \$100 fallen; im Jahr 2002 werden wohl nur noch \$50 bis \$60 bezahlt werden.

Der Markt für drahtlose Netzwerke wird laut Marktforschern in 2003 einen Umsatz von 2 Milliarden Dollar erreichen.



**Bild 2:** Das EVKit enthält auch alle zum Betrieb notwendigen passiven Komponenten

Wireless LAN breitet sich rapide in Büros, Privatwohnungen und auch öffentlichen Einrichtungen wie Flugplätzen, Hotels oder Tagungseinrichtungen aus.

Heimnetzwerke werden wohl auch wesentlich zum Bedarf an WLAN-Karten beitragen. Gleichzeitig Internetzugang zu haben, auf einem gemeinsamen Drucker etwas auszudrucken und Dateien mit anderen Familienmitgliedern zu teilen sind nur einige zwingend notwendige Funktionen für das Netzwerk zu Hause.

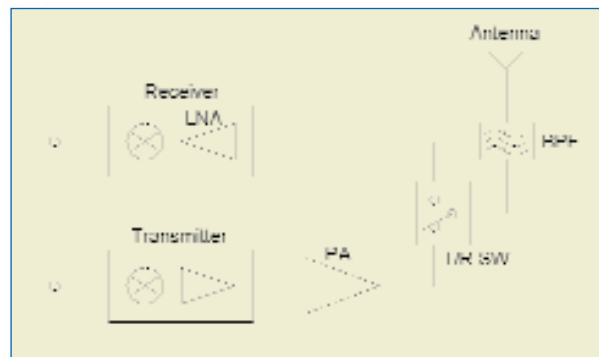
## Dominierende WLANs und Standardisierung

Es gibt zwei dominierende WLAN-Technologien, die im ISM-Band bei 2,4 GHz arbeiten. Die eine nennt sich *Direct Sequence Spread Spectrum*, kurz DSSS und die andere *Frequency Hopping Spread Spectrum*, kurz FHSS. Um hohe Sicherheit und die Unterdrückung von Störbeeinflussung zu gewährleisten, wird bei DSSS-Sendern ein redundantes Bitmuster für jedes zu sendende Bit erzeugt. Dieses Bitmuster wird „Chip“ (oder auch „Chipping Code“) genannt. Je länger das Chip, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit,

dass die Originaldaten wiederhergestellt werden können, allerdings auf Kosten der Bandbreite. FHSS-Sender benutzen einen schmalbandigen Träger,

der die Frequenz nach einem bestimmten Muster ändert, das sowohl dem Sender als auch dem Empfänger bekannt ist.

Die breite Akzeptanz von drahtlosen Netzwerken hängt auch von der Standardisierung ab, die Kompatibilität unter den verschiedenen Herstellern gewährleistet. Die IEEE bestätigte kürzlich den 802.11b-Standard (auch als 802.11 „High

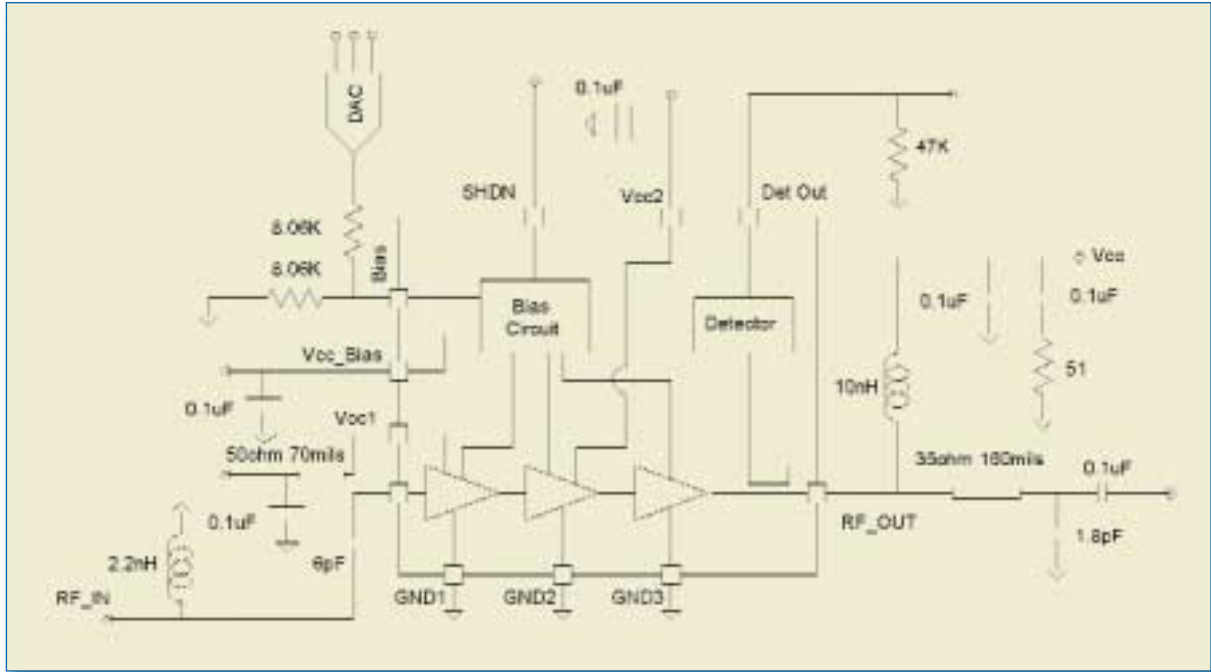


**Bild 1:** Typische HF-Stufe eines WLAN-Transceivers

Rate“ bekannt), der die Datenrate bei Einsatz der DSSS-Technologie im Frequenzbereich 2,4 GHz auf 11 Mbit/s erhöht. Laut dem 802.11b-Standard und der Federal Communications Commission (FCC) darf die maximale Sendeleistung in den USA 1000 mW, in Europa 100 mW und in Japan 10 mW/MHz betragen. Zusätzlich muss die Sendemaske folgende Bedingungen erfüllen: Die gesendeten Spektralanteile sollten weniger als -30 dB (dies sind dB relativ zum Spitzenwert von  $\sin(x)/x$ ) in den inneren Seitenbändern ( $f_c - 22 \text{ MHz} < f < f_c - 11 \text{ MHz}$  und  $f_c + 11 \text{ MHz} < f < f_c + 22 \text{ MHz}$ , wobei  $f_c$  die Mittenfrequenz des Kanals ist) und weniger als -50 dB in den äußeren Seitenbändern ( $f < f_c - 22 \text{ MHz}$  und  $f > f_c + 22 \text{ MHz}$ ) betragen.

## Leistungsverstärker für 802.11b-Anwendungen

Der MAX2242 von Maxim Integrated Products ist ein linearer Silizium-Leistungsverstärker, der speziell für WLAN-Anwendungen gemäß 802.11b entwickelt wur-



**Bild 3:** Typischer Schaltungsaufbau mit dem MAX2242

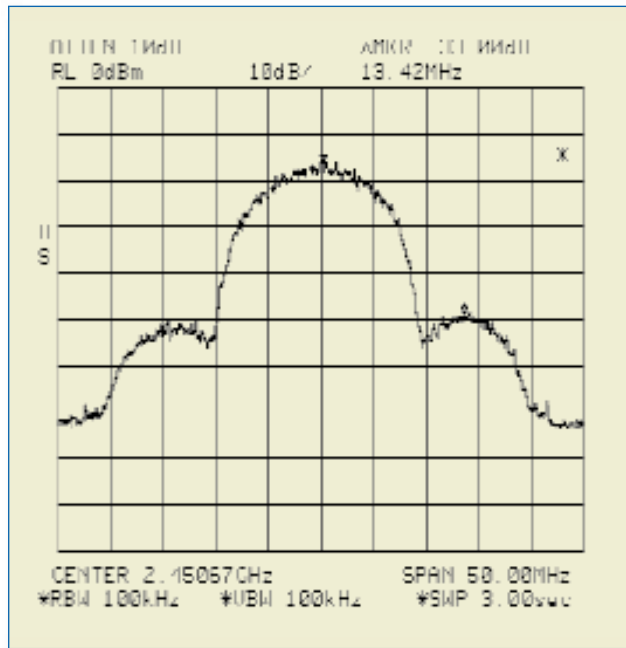
de. Er liefert +22,5 dBm an linearer Ausgangsleistung mit einer Nachbarkanal-

unterdrückung (*Adjacent Channel Power Rejection*, kurz ACPR) von <-33 dBc in

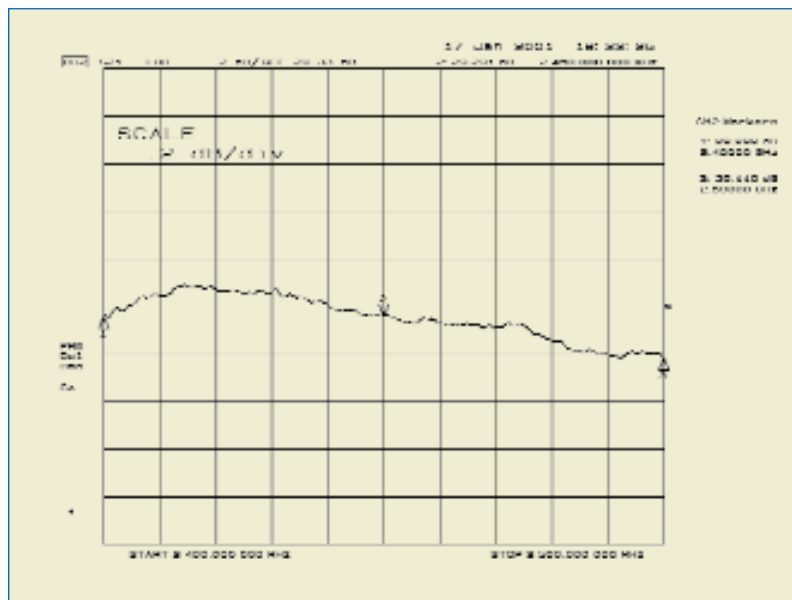
den inneren und <-56 dBc in den äußeren Seitenbändern. Verglichen mit dem ▶

Standard bietet der Baustein Sicherheitsabstände von 3 dB bzw. 6 dB. Die Ausgangsleistung von +22,5 dBm kompensiert die Einfügedämpfungen des Sende-/Empfangsschalters und des Bandpassfilters, die in Summe um die 2,5 dB betragen. Dies ermöglicht +20 dBm an der Antenne. **Bild 1** zeigt die HF-Stufe eines typischen WLAN-Transceivers.

Um die Leistungsfähigkeit des Verstärkers aufzuzeigen, wurde ein Erprobungsboard (EVKit) aufgebaut und getestet. Dieses Board wurde aus kostengünstigem FR4-Material gefertigt und enthält vier Lagen mit zwischenliegenden Dielektrika von 152,4 µm, 1117,6 µm und wieder 152,4 µm Dicke. Um die Entwicklung einfach zu gestalten, wurden keine Durch-



**Bild 4:** Ausgangsspektrum des MAX2242 um die Mittenfrequenz von 2,45 GHz



**Bild 5:** Von 2,4 GHz bis 2,5 GHz bleibt die Verstärkung des MAX2242 konstant

kontaktierungen verwendet. **Bild 2** zeigt das EVKit, das neben dem Verstärker alle notwendigen, passiven Komponenten enthält. **Bild 3** zeigt die typische Anwendungsschaltung, die auf dem Kit aufgebaut ist.

**Bild 4** zeigt einen Plot der Nachbarkanalunterdrückung bei +22,5 dBm Ausgangsleistung. Dieser Plot wurde bei 2,45 GHz unter Verwendung einer IEEE802.11b-kompatiblen Signalquelle mit CCK-Modulation und einer Datenrate von 11 Mbit/s aufgenommen. Der Verstärker benötigt etwa 310 mA Gleichstrom bei seiner maximalen Ausgangsleistung. Die meisten Treiber für Leistungsverstärker bieten meist nur um

die -4 dBm Ausgangsleistung, daher wird ein nachfolgender Leistungsverstärker mit hoher Verstärkung benötigt. Der MAX2242 kaskadiert drei Verstärkerstufen, um mindestens eine Verstärkung von 26,5 dB zu erreichen – somit wird eine Ausgangsleistung von +22,5 dBm sicher gestellt. **Bild 5** zeigt den flachen Verstärkungsverlauf über den Frequenzbereich von 2,4 GHz bis 2,5 GHz. Der MAX2242 verfügt über einen Leistungsdetektor am Ausgang, der einen Dynamikbereich von mindestens 20 dB bietet. Die Genauigkeit bei maximaler Ausgangsleistung beträgt ±0,8 dB. Dieser Detektor kann einfach in eine präzise Leistungsregelung eingebunden wer-

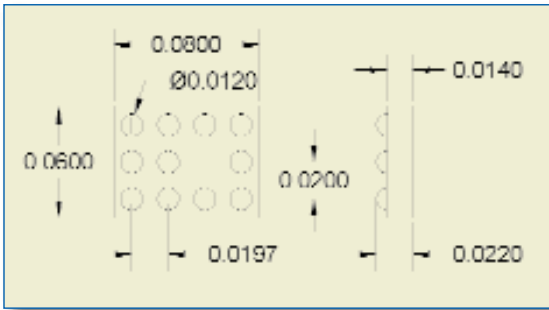
den. Mit diesem integrierten Detektor können der üblicherweise verwendete Richtkopppler und der diskrete Detektor eingespart werden, was zu einer beträchtlichen Platzeinsparung führt.

Der Leistungsverstärker bietet ausserdem einen Anschluß für den Bias. Durch Einsatz eines externen DA-Wandlers kann der Strom bei niedrigen Ausgangsleistungen gedrosselt werden, wobei die Nachbarkanalunterdrückung erhalten bleibt. Hierdurch ergibt sich ein höchstmöglicher Wirkungsgrad bei allen Ausgangsleistungen. **Table 1** zeigt die lineare Ausgangsleistung über den Ruhestrom ( $I_{idle}$ ) und Versorgungsstrom ( $I_{DC}$ )

bei -33 dBc ACPR (unverändert). Unter Ruhestrom ist die Stromaufnahme ohne HF-Signal am Eingang zu verstehen, der Versorgungsstrom ist der Betriebsstrom mit angelegtem HF-Signal. Die Tabelle zeigt einen deutlich reduzierten Versorgungsstrom durch Einsatz eines DA-Wandlers. Der Wirkungsgrad bleibt auch dann erhalten, wenn die Ausgangsleistung mit Hilfe des DA-Wandlers auf niedrigere Werte eingestellt wird. Zur Anpassung des Verstärkers werden an dessen Eingang nur ein Serienkondensator und eine Paralleldrossel sowie

Linear Output Power (dBm)	$I_{idle}$ (mA)	$I_{DC}$ (mA)
22	279	303
20	180	213
18	134	165
16	94	128
14	81	105
12	61	83
10	41	63
6	21	40
0	18	27

**Table 1:** Wird der Bias-Strom mit einem DA-Wandler gesteuert, lässt sich Betriebsstrom sparen



**Bild 6:** Ein 3x4 Ultra Chip Scale-Gehäuse misst nur etwa 1,5 mm x 2 mm

am Ausgang zwei Kondensatoren benötigt. Dieser geringe Aufwand verringert die Platinegrösse zusätzlich. Die meisten PCMCIA- und PC-Karten bieten eine Einfachversorgung von 3,3 V. Daher wurde der Leistungsverstärker für eine Betriebsspannung im Bereich von +2,7 V bis +3,6 V ausgelegt.

Üblicherweise wird das Zeitduplexverfahren in WLAN-Systemen angewendet. Daher sollte der Sendeverstärker während des Datenempfangs ausgeschaltet werden, um die Batteriestandzeit zu erhöhen. Der MAX2242 verfügt über einen Shutdown-Modus, der den Betriebsstrom auf 0,5  $\mu$ A reduziert. Ein externer Schalter wird dazu nicht mehr benötigt.

Der Verstärker ist in einem extrem kleinen, 3x4-poligen Ultra-Chip-Scale-Gehäuse (UCSP) verfügbar und misst nur 1,5 mm x 2,0 mm – dies entspricht etwa der Grösse eines 0805-Widerstandes. Diese kleine Bauform ist ideal für den Einsatz im PC-Karten- oder im Compact-Flash-Card-Format.

**Bild 6** zeigt die Gehäuseabmessungen des UCSPs. Diese Gehäusetechnologie erlaubt es, die integrierte Schaltung mit den auf der Oberfläche befindlichen Lötägeln kopfüber mit den Lötanschlüssen auf der Platine zu verbinden. Diese Technologie unterscheidet sich von anderen Ball Grid Arrays und Chip-Scale-Gehäusen, weil sie ohne Bonddrähte und Zwischenlamine auskommt. Ein Vorteil von UCSP ist die äusserst geringe Induktivität zwischen Baustein und Platine – ein hervorragendes HF-Verhalten ist die positive Folge. Weitere Vorteile sind die

Reduzierung der Gehäusegrösse und eine verbesserte Wärmeableitung.

Der Leistungsverstärker MAX2242 kombiniert somit viele Vorteile wie niedrige Kosten aufgrund der Silizium-Technologie, eine hohe Ausgangsleistung, ein integrierter Ausgangsdetektor sowie die externe Bias-Einstellung – und das alles in einem winzigen Gehäuse.

**Frank Li** ist Senior Scientist in der Wireless Business Unit von Maxim Integrated Products, Sunnyvale/Kalifornien. Derzeit beschäftigt er sich mit der Definition von Produkten für WLAN-Systeme. **Walter Lau** ist Business Manager in der Wireless Communication Group bei Maxim Integrated Products, Sunnyvale/Kalifornien, und für die WLAN-Produktlinie und die Entwicklung neuer WLAN-Produkte verantwortlich.

