

1.6GHz 高线性高效率驱动放大器设计

魏慧婷, 李卫民

(北京微电子技术研究所, 北京 100076)

摘 要: 在 $0.35\mu\text{m}$ 射频 CMOS 工艺下, 设计了一种可应用于发射终端的 1.6 GHz 驱动放大器. 该放大器采用两级结构, 第一级采用共源共栅结构, 其中共源输入由两个分别工作在 AB 类和 B 类状态的并联放大管构成, 提高了放大器的线性度和效率. 第二级采用工作在 B 类状态的共源放大结构, 进一步提高了驱动放大器的性能. 仿真结果显示, 放大器的最大输出三阶交调点为 17.3 dBm, 功率增加效率为 57%, 输出饱和功率为 18.5 dBm, 功率增益为 26 dB, 在 3.3 V 电压下总的电流消耗为 5.4 mA.

关键词: 驱动放大器; 线性度; 效率

中图分类号: TN47

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)07-0031-03

A 1.6 GHz Highly Linear and Efficient Driver Amplifier Design

WEI Hui-ting, LI Wei-min

(Beijing Microelectronics Technology Institute, Beijing 100076, China)

Abstract: This paper presents the design of a driver amplifier for 1.6 GHz navigation transmitter application based on $0.35\mu\text{m}$ RF CMOS process. In this work, a two-stage topology is proposed. The first stage employs two parallel transistors working in class AB and B mode respectively to improve the linearity and efficiency of the driver. The second stage utilizes a class AB common source amplifier to further increase the performance. The simulated results exhibit a maximum OIP3 of 17.3 dBm, a PAE of 57%, a saturated output power of 18.5 dBm, a power gain of 26 dB with a total dc current consumption of only 5.4 mA from a voltage supply of 3.3 V.

Key words: driver amplifier; linearity; efficiency

1 引言

CMOS 工艺在无线收发机的应用中极为广泛, 它不仅能够降低生产成本, 还有望将收发终端与数字基带集成在同一个芯片上. 与两级发射机结构相比, 直接上变频发射机以其简单的结构在发射模块中被广泛的采用^[1-2]. 图 1 展示了文中所用的发射机结构, 在驱动放大器前面放置了一个 dB 步进的可变增益放大器, 用来调节输出功率的大小. 本发射端对线性度有较高的要求, 并且在所有片上的模块中, 驱动放大器所消耗的功率是最大的, 所以低功耗、高线性度、高效率的驱动放大器设计对优化整个链路性能有重要作用.

比较近年来发表的有关驱动放大器设计的文

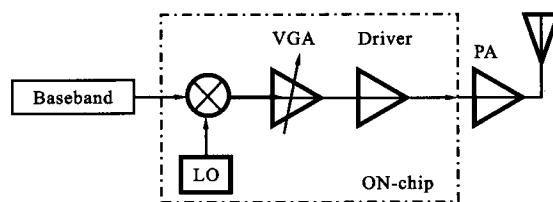


图 1 发射机结构

章^[3-6], 可以看到采用增益提高技术的折叠式共源共栅结构被用来提高效率和线性度, 多输入门晶体管技术也被用来提高效率, 同时 A 类和 B 类放大器并联的结构也被提出来以获得更高的效率.

2 驱动放大器设计

2.1 一般的功率放大器

驱动放大器也是功率放大器中的一种, 功放有

线性类和开关类两种,图 2 所示为线性放大器的基本结构.

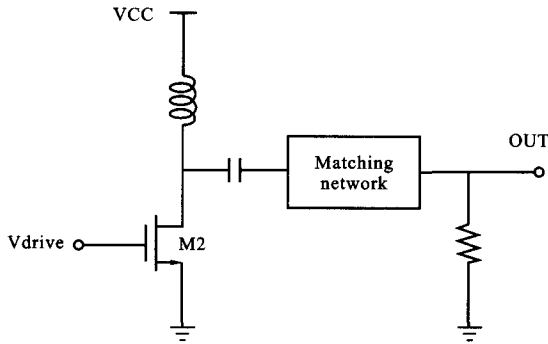


图 2 线性功率放大器一般结构

文中的设计对线性度要求较高,所以采用线性类,根据偏置的大小,分为 A、B、AB、C 四类. 这里将导通角标示为 θ ($0 < \theta < 2\pi$),其漏端电流的第 n 次谐波分量的幅度表示为:^[7]

$$I_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\frac{\theta}{2}}^{\frac{\theta}{2}} \frac{I_{\max}}{1 - \cos(\theta/2)} \cdot [\cos\alpha - \cos(\theta/2)] \cos(n\alpha) d\alpha \quad (1)$$

其中直流分量和基频分量是效率和输出功率的决定性因素,分别表示如下:

$$I_{dc} = \frac{I_{\max}}{2\pi} \frac{2\sin(\theta/2) - \theta\cos(\theta/2)}{1 - \cos(\theta/2)} \quad (2)$$

$$I_1 = \frac{I_{\max}}{2\pi} \frac{\theta - \sin\theta}{1 - \cos(\theta/2)} \quad (3)$$

从方程式可见,直流成分随着 θ 的减小而单独减小,基频成分在 2π 到 π 的区间内随着 θ 的减小而增加.

A 类放大器在整个周期内都导通,所以它的线性度很好,但是以效率为代价的. 而 B 类放大器在半个周期内导通,因此效率更高,但线性度降低. AB 类放大器是线性度和效率的折中.

2.2 改进的驱动放大器

文中提出的驱动放大器由两级构成,各级放大器的工作状态表示如图 3 所示.

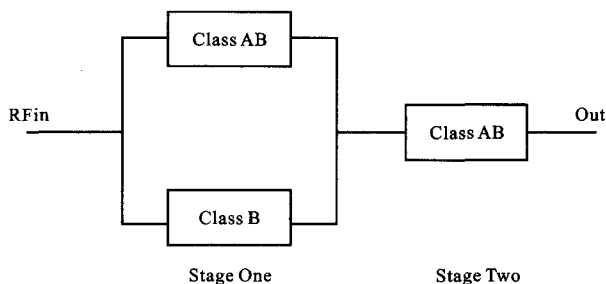


图 3 各级放大器的工作状态示意图

共源共栅结构广泛应用于模拟电路的设计中,

它能够提高输出阻抗,增加增益,减小电容的密勒效应并提高输入输出的隔离度. 为了得到更好的性能,在基本结构的基础上作了一些改进,如图 4 所示. 输入端由两个共源 MOS 管并联而成, M1 是主要的工作晶体管,而 M2 起到一个辅助的作用,这由它们的偏置来控制.

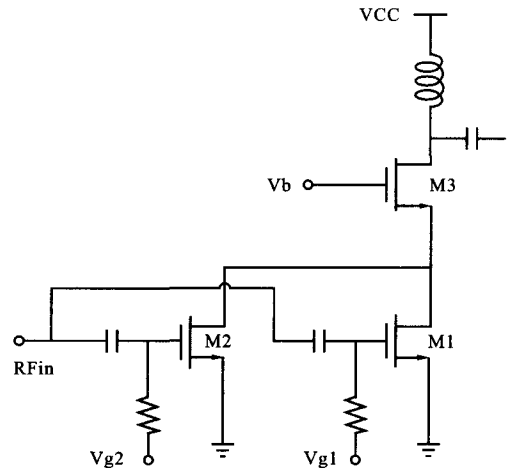


图 4 改进的共源共栅结构

偏置的选取应使 M1 工作在 AB 类,而 M2 工作在 B 类,这里 V_{g1} 选为 750mV, V_{g2} 选为 M2 的阈值电压约 560mV. 在晶体管的尺寸上, M2 的尺寸更大,但上面的电流很小. 当输入信号很小时, M1 开始导通,但 M2 仍然处于关断状态;当信号的幅度慢慢增大时, M2 开始导通,这时 M1 的输出功率接近饱和,所以 M2 可以对 M1 的输出功率起到补偿的作用,即提高了放大器的线性度. AB 类和 B 类放大器的线性度较好,补偿使电路的线性度更好. 为了进一步提高线性度并获更高的增益,增加了第二级共源放大器,驱动放大器的整体结构如图 5 所示. 其中 M3 接成共源的结构,工作在 AB 类状态. 多级放大器的线性度表示为:

$$\frac{1}{OIP3} \approx \frac{1}{OIP3_1 \cdot G_2} + \frac{1}{OIP3_2} \quad (4)$$

其中 G_2 是第二级放大器的增益, $OIP3$ 是总的三阶交调点, $OIP3_1$ 和 $OIP3_2$ 分别是第一级和第二级放大器的三阶交调点,显然第二级的交调点值对整个 $OIP3$ 的影响最大.

3 电路仿真结果

驱动放大器的仿真是在 $0.35 \mu\text{m}$ 射频 CMOS 工艺下进行的,仿真结果如图 6 到图 8 的曲线表示. 输出 1dB 压缩点为 18.2dBm,在输入功率为 -5.7 dBm 时, PAE 达到 57.84%. 功率在 -9~8.5 dBm

区间时,PAE 大于 50%,在压缩点处 PAE 为 57%。
表 1 从功耗,最大输出功率,功率增加效率,功率增益,输出 1dB 压缩点等方面对比了近几年发表的

有关驱动放大器的论文.文中提出的改进结构优化了放大器的效率和线性度,该驱动放大器电路版图如图 9 所示.

表 1 设计方案仿真结果对比表

	频率/GHz	工艺/ μm	功耗/(mA/V)	$P_{\text{out,max}}/\text{dBm}$	PAE/%	G_p/dB	$OP_{1\text{dB}}/\text{dBm}$
文献[3]	0.9	0.18	1.8@1.8	5	—	13	5
文献[4]	—	0.18	—	22	44	12	—
文献[8]	1.6	0.18	13.2@1.8	19.3	29.3	31.8	17.7
文中方案	1.6	0.35	5.4 @ 3.3	18.5	57	26	18.2

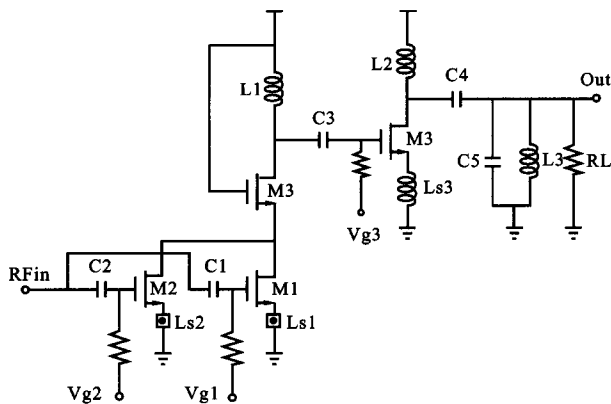


图 5 驱动放大器结构

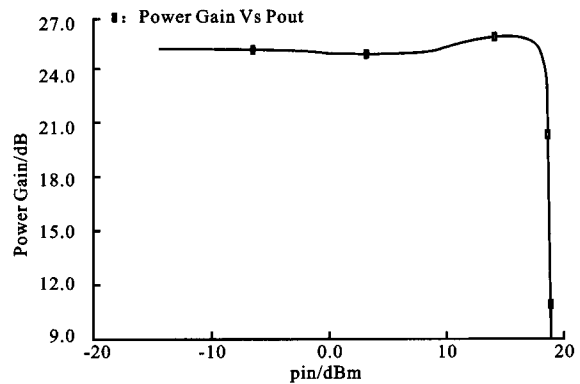


图 8 功率增益/输出功率图

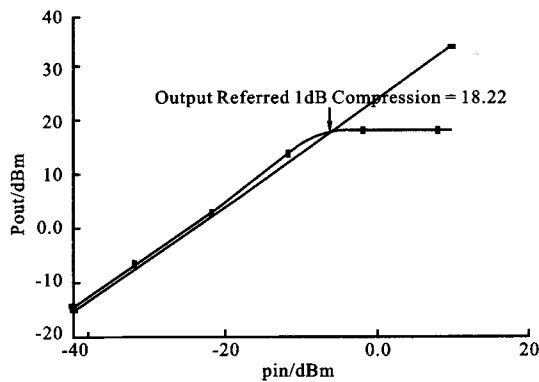


图 6 1dB 压缩点

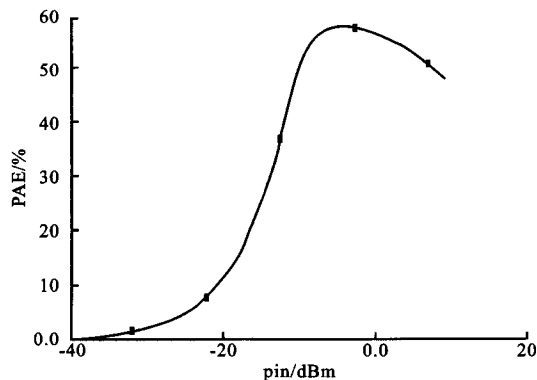


图 7 功率增加效率/输入功率

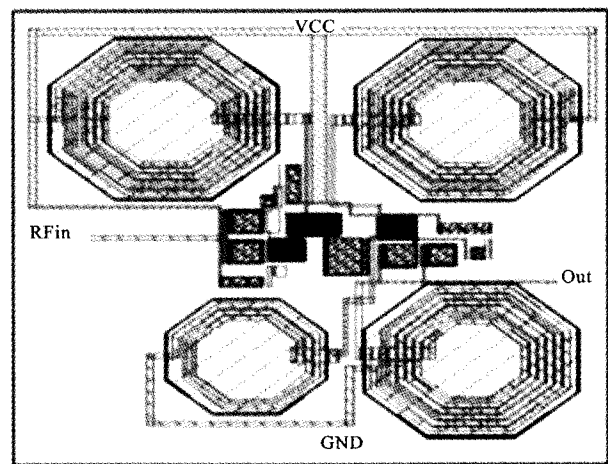


图 9 驱动放大器版图

4 结束语

文中在一般的功率放大器的结构基础上,提出了一种新的驱动放大器结构,电路采用两级放大,并利用输入管并联技术,选择放大管不同的工作区来优化放大器的性能.仿真结果表明该结构让驱动放大器获得了更高的功率增加效率和线性度.

(下转第 37 页)

行多次测试,对比结果如图5、图6所示,平均读写速度大约下降了2%,不会影响用户体验。

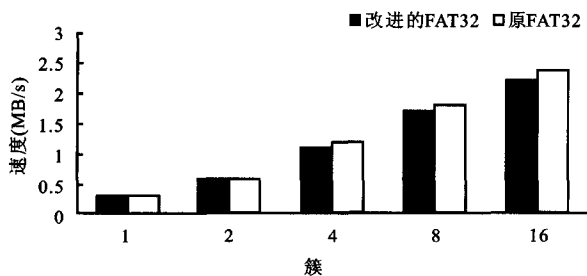


图5 读文件速度比较

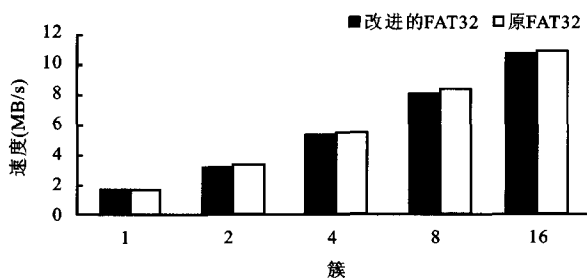


图6 写文件速度比较

5 结束语

文中考虑到 FAT32 文件系统在磨损均衡方面的缺陷,根据 NAND FLASH 的特性,采用保留已删除文件在 FAT 表中的表项和重写文件时将内容写入新簇的方法来改进,实验表明该方法很有效,磨损均衡效果显著。新方法仍需要更多的研究和改进。

首先,针对的是大容量和超大容量闪存,只对 FAT32 文件系统进行了改进,未考虑 FAT16 文件系统。另外,实验没有考虑更复杂的文件操作。这些不足会在以后的研究中改进。

参考文献:

- [1] Samsung NAND Flash Memory[S]. Memory Product & Technology Division, 2000.
- [2] Microsoft Extensible Firmware Initiative FAT32 File System Specification[S]. rev. 1.03, 2000.
- [3] 姚堃, 张俊涛. 提高 FAT 文件系统在 NAND 存储器上可靠性的研究[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(4): 78-81.
- [4] 晏敏, 龙小奇, 章兢, 等. 开放式大容量 NAND Flash 数据存储系统设计与实现[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(11): 13-16.
- [5] Park Sunhwa, Ohm SeongYoung. New techniques for real-time FAT file system in mobile multimedia devices [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2006, 52(1): 345-346.

作者简介:

谢琦 男, (1963-), 副教授. 研究方向为嵌入式技术、无线传感器网络。

胡俊 男, (1983-), 硕士研究生. 研究方向为嵌入式技术。

王磊 男, (1984-), 硕士研究生. 研究方向为无线传感器网络。

(上接第33页)

参考文献:

- [1] Yang Xuemin, Anosh Davierwalla, David Mann, et al. A 90nm CMOS direct conversion transmitter for WCDMA [C] // IEEE RFIC Symposium. Hawaii, Honolulu: IEEE, 2007: 17-20.
- [2] Ihm GookJu, Oh NamJin, Nguyen TrungKien. A transmitter front-end design for 5GHz WLAN application [C] // Proceedings of the International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology. Beijing: IEEE, 2004: 582-585.
- [3] Le Viet Hoang, Nguyen Trung Kien et al. Low power high linearity driver amplifier for 900MHz zigbee applications [C] // Proceedings of IEEE APMC Conference. Suzhou, China: IEEE, 2005: 1-3.
- [4] Ding Yongwang, Ramesh Harjari, A high-efficiency CMOS + 22-dBm linear power amplifier[J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2005: 1895-1900.
- [5] Srirattana N, Sen P, Park H M. Linear RF power amplifier with improved efficiency and linearity in wide power levels[C] // IEEE RFIC Symposium. Long Beach California: IEEE, 2005: 251-255.
- [6] Kim B, Ko J, Lee K. A new linearization technique for MOSFET RF amplifier using multiple gated transistors [J]. IEEE Microwave and Guided Wave Letters, 2000: 371-375.
- [7] Cripps S C. RF power amplifiers for wireless communication[M]. Canton: Artech House, 1999.
- [8] 闫涛涛, 周健军, 莫亭亭. 1.6GHz 高线性度低功耗 CMOS 驱动放大器 [J]. 信息技术, 2008(9): 68-71.

作者简介:

魏慧婷 女, (1986-), 硕士研究生. 研究方向为模拟和射频集成电路设计。