

УДК

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА С СЕМЬЮ ВЫВОДАМИ ДЛЯ МАЛОБЮДЖЕТНОГО КВАДРАТУРНОГО ГЕНЕРАТОРА СО СВЯЗАННЫМИ ЗАТВОРАМИ\*

МИНЛИН МА<sup>1,2</sup>, ЮАН ЧЕН<sup>1</sup>, СЯНЛЯН ДЖИН<sup>1,2</sup>, ДЖИДЖУН ЛИ<sup>1</sup>, ЧЕНВЕЙ ЛИ<sup>1</sup>, СЮЭ ЧЖАН<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сянтаньский университет,  
Китай, Сянтань, 411105, Хунань

<sup>2</sup>Хунаньская техническая лаборатория микроэлектроники, оптоэлектроники и систем на кристалле,  
Китай, Сянтань, Хунань

**Аннотация.** В статье представлены результаты разработки трансформатора с семью выводами. Предложена его эквивалентная схема. Трансформатор содержит первичную обмотку с отводом средней точки и две вторичные обмотки. На основе этого трансформатора разработан малобюджетный квадратурный генератор со связанными затворами с использованием 0,18 мкм КМОП технологии. При напряжении питания 1 В квадратурный генератор потребляет мощность 7 мВт. Полученный уровень фазовых шумов при отстройке от несущей частоты на 1 МГц составил –116,3 дБ/Гц. Площадь, занимаемая генератором на кристалле, равна 400×500 мкм.

**Ключевые слова:** малобюджетное устройство; устройства на основе трансформаторов; генератор; квадратурный генератор

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие беспроводных технологий приводит к росту потребности в малобюджетных, маломощных интегрированных радиочастотных приемопередатчиках с низким уровнем фазовых шумов [1–3]. Известно, что квадратурные генераторы теоретически могут удовлетворять всем этим техническим требованиям.

Существуют следующие схемы и методы генерации квадратурных сигналов: полифазные  $RC$ – $CR$  фильтры, кольцевые генераторы,

частотные делители и частотно-связанные устройства. Наиболее часто используются топологии частотных делителей и частотно-связанных устройств.

Квадратурные генераторы с делителем на два работают на двойной частоте [4]. Недостатком квадратурных генераторов на основе трансформаторов является их более высокая потребляемая мощность и более высокий уровень фазовых шумов или повышенное напряжение питания [1, 3].

---

\* Работа финансово поддержана Государственной программой Китая по финансированию естественных наук (Грант № 61233010), Фондом поддержки естественных наук Китая (№ 61176032), программой финансирования администрации образования провинции Хунань (№ 14C1072) и проектом по естественным наукам провинции Хунань (№ 2015JJ2140).