

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО АНТЕННОГО СВЧ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ КМОП 180НМ

А.Д. Калёнов, ассистент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

(Россия, г. Зеленоград)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-11-4-55-58

**Аннотация.** В работе представлен мощный переключатель приема и передачи сигнала, выполненный по технологии КМОП (комплементарный металл-оксид-полупроводник) с технологической нормой 0,18 мкм и частотой работы до 2 ГГц. Актуальной и трудоемкой задачей является разработка дифференциального переключателя с минимальными потерями одновременно с максимальной изоляцией. Данные, полученные в результате моделирования в САПР Cadence, показывают, что предлагаемая конструкция мостового дифференциального переключателя обеспечивает линейность сигнала до 18 дБм в диапазон частот 100 МГц – 2 ГГц с потерями не более 2 дБ и максимальной изоляцией не менее 32дБ. Применение дифференциальной мостовой схемы позволяет компенсировать паразитный сигнал.

**Ключевые слова:** переключатель, дифференциальный сигнал, КМОП.

Комплементарная технология металл-оксид-полупроводник (КМОП) находится в центре внимания как возможное решение для создания полностью интегрированного радиочастотного приемопередатчика из-за ее низкой стоимости и высокой возможности интеграции [2, с. 485]. Однако реализовать компоненты, работающие с высокой мощностью, такие как усилители мощности и переключатели передачи/приема (T/R), крайне сложно из-за низкого напряжения пробоя и паразитных компонентов подложки активных КМОП-устройств. При проектировании переключателей T/R основным фактором, определяющим их способность управлять питанием, является максимальный перепад напряжения на выключенных переключающих устройствах. Другими словами, каналы и соединительные диоды переключающих устройств в выключенном состоянии могут быть сформированы и смещены вперед, соответственно, при большом колебании напряжения, что приводит к нежелательным потерям мощности [1, с. 40].

Следовательно, для обеспечения линейной и надежной работы переключателей T/R колебания напряжения на выключенных переключателях должны быть сведены

к минимуму. В качестве подхода к уменьшению большого напряжения используется метод преобразования импеданса [1].

Рабочее сопротивление (RSW) переключателя снижено для улучшения способности управлять питанием, а импедансы источника и нагрузки коммутатора согласованы до 50 с помощью двух дополнительных согласующих балунов. Однако потери от этих двух дополнительных согласующих цепей снижают общую эффективность передатчика и уровень шума приемника. Чтобы избежать дополнительных согласующих цепей, выходное согласование усилителя может быть использовано в качестве согласующих цепей для применения дифференциального мостового переключателя.

Как правило, для оптимизации эффективности усилителя требуется многосекционное согласование выходного импеданса [4, с. 320], и в этом случае метод преобразования импеданса может быть применен путем размещения переключателя T/R между секциями выходной цепи усилителя. В данной работе потери переключателя T/R и согласующих цепей полностью проанализированы с помощью САПР Cadence. Исходя из результатов

анализа, представлен метод проектирования дифференциальных переключателей T/R, использующий преобразование импеданса, тем самым значительно улучшая производительность управления питанием без ущерба для вносимых потерь на стороне приемника. Кроме того, на стороне приемника за счет уменьшения количества устройств на коммутаторе позволяет снизить вносимые потери из-за низкого RSW (менее 50 Ом) может быть компенсировано или даже улучшено по сравнению со

случаем, когда RSW равен 50 [5, с. 865]. Обоснованность методологии проектирования подтверждается моделированием в САПР Cadence с применением кремниевой технологии КМОП 180нм

Принципиальная схема однополюсно-двухпозиционного дифференциального переключателя T/R (SPDT) показана на рисунке 1. Чтобы гарантировать изоляцию портов, выбрана структура моста с компенсацией паразитного сигнала.

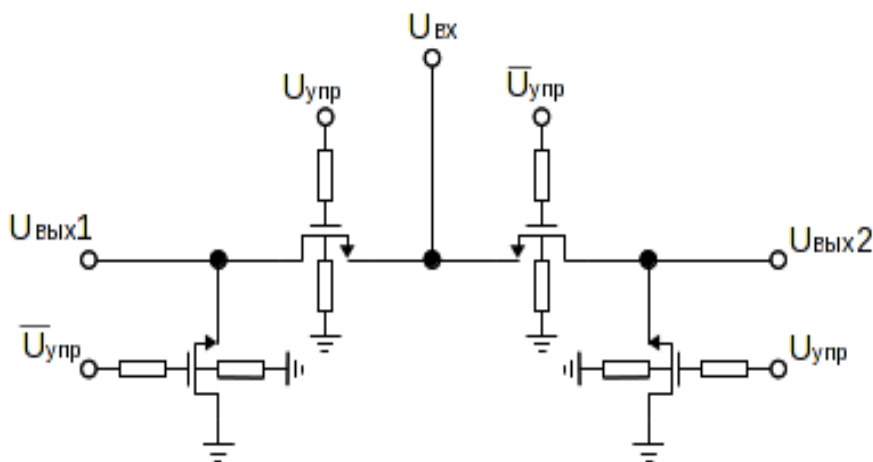


Рис. 1. Схема SPDT переключателя

Для управления дифференциальным сигналом структура заменена на дифференциальную с компенсацией паразитного сигнала представленную на рисунке 2.

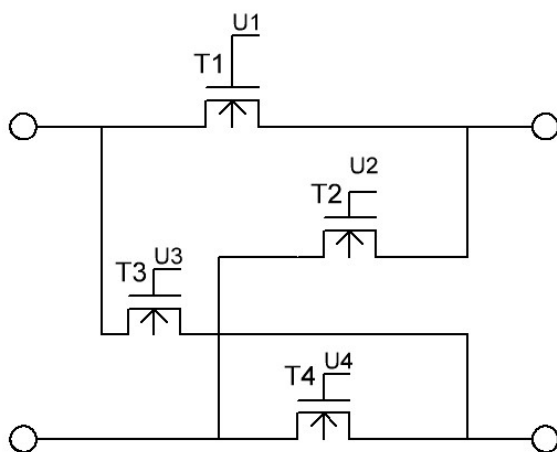


Рис. 2. Схема дифференциального переключателя

С точки зрения возможности управления питанием переключателей T/R, дифференциальный переключатель имеет очевидное преимущество в снижении больших колебаний напряжения по сравнению

с переключателями однополярными [3, с. 150]. Результаты моделирования дифференциального ключа представлены на рисунке 3.

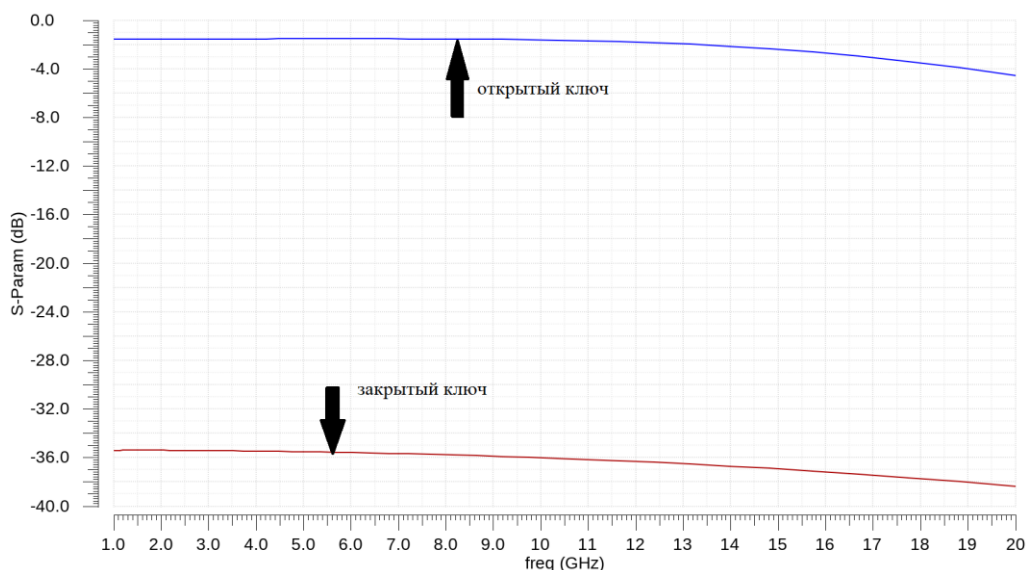


Рис. 3. Зависимость коэффициента передачи от частоты

Функциональный блок, который расположен между антенной и переключателем T/R, вызывает дополнительные потери. Поскольку высокие вносимые потери Rx приводят к ухудшению уровня шума в цепи приемника, уменьшенные потери должны быть компенсированы. Это может быть достигнуто за счет уменьшения количества устройств в цепи Rx, и, как следствие, энергопотребления и вносимых потерь переключателя T/R.

В работе представлена новая методика проектирования и проблемы реализации дифференциальных КМОП-переключателя

T/R с высокой мощностью, включая анализ потерь.

Работа выполнена с использованием технологического сервиса MPW, реализуемого НИУ МИЭТ в рамках прикладной научно-исследовательской работы «Разработка методики прототипирования электронной компонентной базы на отечественных микросистемных производствах на основе сервиса MPW (FSMR-2023-0008)» в соответствии с федеральным проектом «Подготовка кадров и научного фундамента для электронной промышленности».

#### Библиографический список

1. Huang F.-J., O K.K. Single-pole double-throw CMOS switches for 900-MHz and 2.4-GHz applications on p-silicon substrates // IEEE J. Solid-State Circuits, Vol. 39, № 1, pp. 35-41, Jan. 2004.
2. Kim H.-W., Ahn M., Lee O., Lee C.-H., Laskar J. A high power CMOS differential T/R switch using multi-section impedance transformation technique // IEEE Radio Freq. Integr. Circuits (RFIC) Symp. Dig., May 2010, pp. 483-486.
3. Losev V.V., Mukhin I.I., Chaplygin Y.A., Kalyonov A.D. Analysis of Methods for Reducing Losses and Increasing Isolation of Differential Microwave Attenuators. In 2022 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus) (pp. 149-152). IEEE.
4. Aoki S.D., Kee D.B. Rutledge, Hajimiri A. Distributed active transformer – A new power-combining and impedance-transformation technique // IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 50, no. 1, pp. 316–331, Jan. 2002.
5. Wang X.S., Yue C.P. A dual-band SP6T T/R switch in SOI CMOS with 37-dBm P-0.1 dB for GSM/W-CDMA handsets // IEEE Trans. Microw. Theory Techn., Vol. 62, № 4. – Pp. 861-870, Apr. 2014.

**DEVELOPMENT OF A DIFFERENTIAL SIGNAL TRANSCEIVER ACCORDING TO THE LVDS STANDARD BASED ON CMOS 180NM TECHNOLOGY**

**A.D. Kalyonov**, *Assistant*

**National Research University "Moscow Institute of Electronic Technology"**  
**(Russia, Zelenograd)**

***Abstract.** The paper presents a powerful signal reception and transmission switch made using CMOS technology (complementary metal-oxide-semiconductor) with a technological norm of 0.18 microns and a frequency of up to 2 GHz. An urgent and time-consuming task is to develop a differential switch with minimal losses at the same time with maximum isolation. The data obtained as a result of Cadence CAD modeling show that the proposed design of the bridge differential switch provides a linearity of up to 18 dBm in the frequency range 100 MHz – 2 GHz with losses of no more than 2 dB and maximum isolation of at least 32 dB. The use of a differential bridge circuit makes it possible to compensate for a parasitic signal.*

***Keywords:** switch, differential signal, CMOS.*