

3. Сапожников, В.В. Какими должны быть микропроцессорные системы железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст] / В.В. Сапожников [и др.] // Автоматика, телемеханика и связь. - 1988. - № 5. - С. 32 - 34.
4. Малинов, В.М. Современные зарубежные системы МПЦ. [Текст] / В.М. Малинов // Автоматика, связь, информатика. - 2000. - №7. - С. 45 - 47.
5. Малишев, Н.Г. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР [Текст] / Н.Г. Малышев, Л.С. Берштейн, А.В. Боженюк. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 482 с.
6. Леоненков, А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH [Текст] / А.В. Леоненков. - СПб.: БВХ-Петербург, 2005. - 736 с.
7. Алексеев, Е.Н. Влияние интенсивности движения поездов и пассажиропотоков на статистику отказов вагонов метрополитена [Текст] / Е.Н. Алексеев // Железнодорожный транспорт – пути развития и совершенствования его работы : межвуз. сб. науч. трудов / ВЗИИЖТ. – М., 1985. – Вып. 128. – С. 40–45.

В роботі досліджено особливості проектування вихідних каскадів для інтегральних схем (ІС) і мікросистем-на-кристалі зі структурами кремній-на-ізоляторі (КНІ) виконаних за традиційною КМОН схемотехнікою та з використанням подвійного управління шляхом підключення до підканальних областей в КНІ МОН транзисторах

Ключові слова: КНІ-структура, КНІ Бі-КМОН каскад, подвійне керування

В работе исследованы особенности проектирования выходных каскадов для интегральных схем (ИС) и микросистем-на-кристалле со структурами кремний-на-изоляторе (КНИ) выполненных за традиционной КМОН схемотехникой и с использованием двойного управления путем подключения к подканальным областям в КНИ МОН транзисторах

Ключевые слова: КНИ-структура, КНИ Би-КМОН каскад, двойное управление

In this paper design features of output cascades for integrated circuits and micro systems-on-chip with silicon-on-insulator structures (SOI) and fabricated by traditional CMOS process and with the use of double control by connecting to the under channels areas in SOI MOS transistors are investigated

Keywords: SOI structure, SOI Bi-CMOS cascade, double control

УДК 621.3.049

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ВИХІДНИХ КАСКАДІВ К-МОН ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ З КНІ СТРУКТУРОЮ

І.Т. Когут

Доктор технічних наук, доцент, професор*

Контактний тел.: 050-925-52-25

E-mail: micro@il.if.ua

В.В. Довгий*

E-mail: victor-science@rambler.ru

В.І. Голота

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: gvi@pu.if.ua

*Кафедра радіофізики і електроніки

Прикарпатський національний університет

імені Василя Стефаника

вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76025

1. Вступ

При проектуванні вихідних каскадів ІС на основі КНІ МОН-транзисторів важливо враховувати такі параметри, як швидкодія, споживана потужність і площа на кристалі. Традиційно у вихідних каскадах послідовно включають 4-ри каскади інверторів, що забезпечує необхідну крутизну фронтів імпульсів і велику навантажувальну здатність. Недоліками такої схеми включення є значна затримка вихідних сигналів, велика власна споживана потужність та

неефективне використання площі кристалу. У КНІ МОН транзисторах можливе подвійне керування підканальною областю, що дозволяє розробляти нові схемотехнічні рішення з покращеними характеристиками [1].

В роботі розглянуто особливості проектування вихідних каскадів КМОН ІС, зокрема, на основі базових матричних кристалів та мікросистем-на-кристалі. Розроблена електрична схема вихідного каскаду з подвійним управлінням та топології вихідних каскадів. Показано результати моделювання

електричних схем вихідних каскадів та часові параметри імпульсів з врахуванням впливу ємностей контактних площадок.

2. Схемотехніка вихідних каскадів КНІ КМОН БМК

Для дослідження порівняльних характеристик вихідних каскадів КНІ КМОН ІС було розроблено два типи схем вихідних каскадів і їх топології. Першу з них виконано за традиційною КМОН схемотехнікою зі структурами КНІ (рис. 1, а), а другу – з використанням подвійного управління підканальною областю в КНІ МОН транзисторах (рис. 1, б).

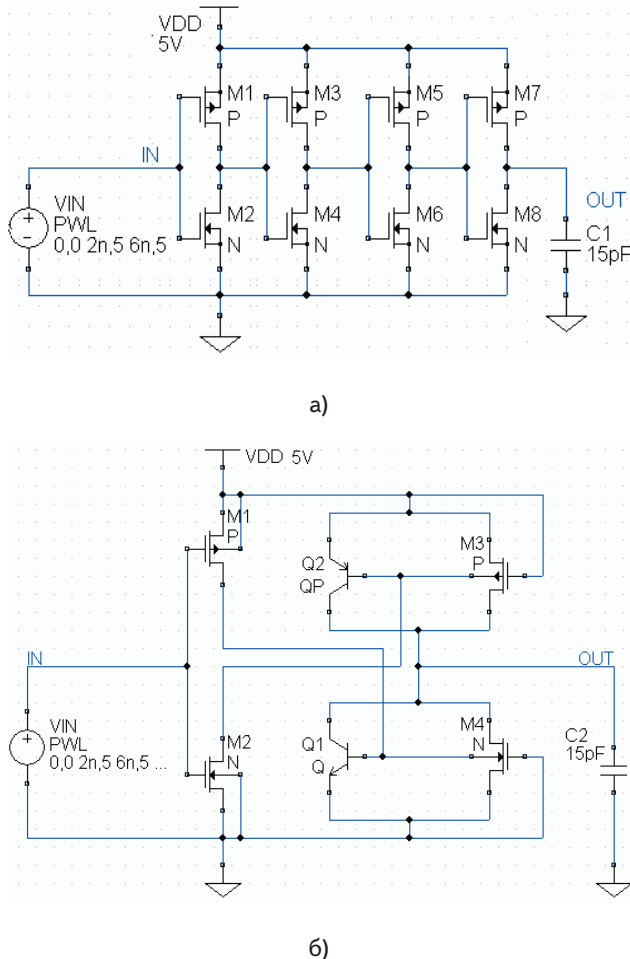


Рис. 1. Електричні схеми вихідних каскадів: а) традиційна КНІ КМОН схемотехніка; б) з подвійним управлінням підканальними областями КНІ КМОН транзисторів

Принцип подвійного управління у КНІ МОН-транзисторах ґрунтується на існуванні крім основних МОН-транзисторів, ще і біполярних, зумовлених спеціальною конструкцією КНІ МОН-транзисторів. У цих транзисторах функції бази біполярного транзистора виконує підканальна область, а емітером і колектором є стік-витоківі області КНІ МОН-транзистора. Проте у більшості випадків такі біполярні структури є паразитними. За умови розділеного підключення до затвора КНІ МОН-транзистора і його підканальної області можна реалізувати подвійне управління КНІ МОН-транзистором. Такий ефект використовується для створення ефективних схемотехнічних рішень.

Схема з подвійним управлінням споживає малу потужність, що є характерним для КНІ КМОН структур і високу швидкодію та підвищену навантажувальну здатність, що властиво для біполярних структур і є їх перевагою [1, 2].

3. Топології та перехідні характеристики вихідних каскадів

Розроблена топологія 4-ри каскадного КНІ КМОН вихідного формувача сигналів, що відповідає схемі рис. 1, а, зображена на рис. 2, а, а топологія КНІ Бі-КМОН вихідного формувача сигналів з подвійним управлінням, відповідно до схеми рис. 1, б зображена на рис. 2, б.

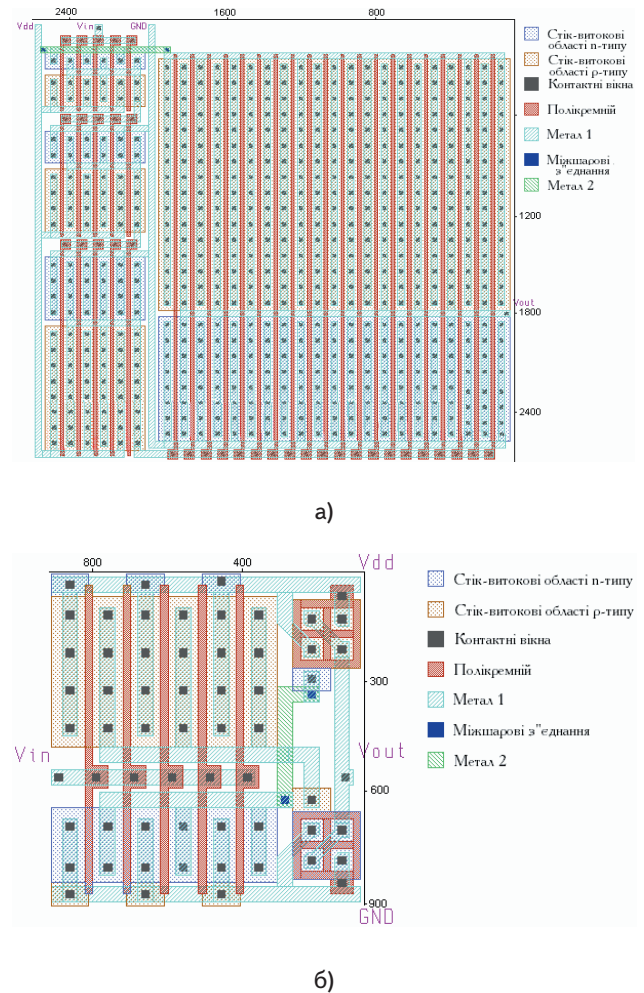
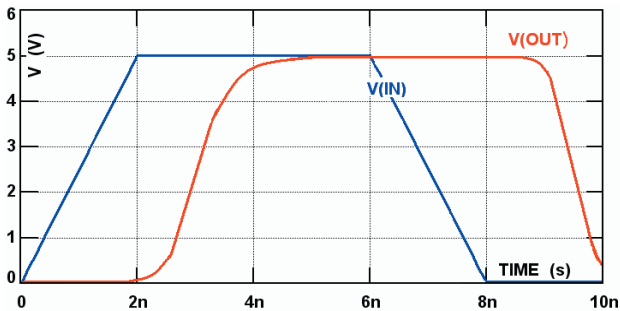


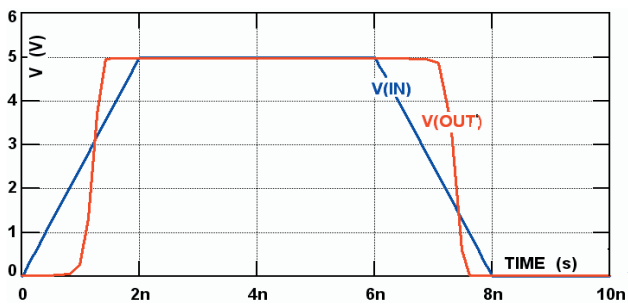
Рис. 2. Топології вихідних каскадів: а) 4-ри каскадний КНІ КМОН; б) КНІ Бі-КМОН формувач сигналів

Порівняння топологій показує, що площа на кристалі вихідного каскаду на Бі-КМОН структурах у 8,4 рази менша від площі 4-ри каскадного КНІ формувача сигналів.

Аналіз результатів моделювання електричних схем вихідних каскадів та їх перехідних характеристик показав, що вихідний каскад на основі об'єднаних КНІ біполярних і КНІ КМОН структур має істотні переваги порівняно із стандартним 4-ри каскадним КНІ КМОН формувачем сигналів [3]. Перехідні характеристики цих каскадів зображено на рис. 3.



а)



б)

Рис. 3. Перехідні характеристики вихідних каскадів: а) 4-ри каскадний КНІ КМОН; б) КНІ Бі-КМОН вихідний формувач сигналів

Вихідний сигнал у 4-ри каскадному КНІ КМОН формувачі появляється через 4 нс (2 нс час затримки і 2 нс час наростання сигналу). Вихідний сигнал у КНІ Бі-КМОН формувачі появляється через 1,8 нс (0,8 нс час затримки і 0,8 нс час наростання сигналу), тобто в 2,2 рази швидше.

Менший час перемикання досягається за рахунок значно більших комутуючих струмів біполярних транзисторів.

Як видно з рис. 3, а), б), час перебування у встановленому статичному стані t_2 КНІ Бі-КМОН вихідного формувача значно більший від часу t_1 стандартного вихідного каскаду.

Оскільки КМОН ІС споживають енергію в основному в моменти перемикання, а в статичному режимі (часові інтервали t_1, t_2) споживання енергії практично відсутнє.

4. Дослідження характеристик вихідного каскаду в корпусі

На якість вихідного високочастотного сигналу суттєво впливають різні паразитні елементи виводів корпусу мікросистеми. Тому для високочастотних сигналів необхідно враховувати вплив паразитних елементів еквівалентної схеми виводів корпусу мікросхеми.

Еквівалентна електрична схема одного з виводів корпусу мікросхем зображена на рис. 4, де L_1 – еквівалент індуктивності розварюваль-

ного провідника; L_2 – індуктивність виводу корпусу; C_1 – ємність контактної площадки; C_2, C_5 і C_4, C_6 – розподілені міжвиводні ємності корпусу; C_3 – ємність між виводом корпусу і його металевою кришкою (якщо вона є); C_7 – ємність самого виводу корпусу; R_1 – опір підкладки; R_2 – опір ділянок розварювального провідника і виводу корпусу [4].

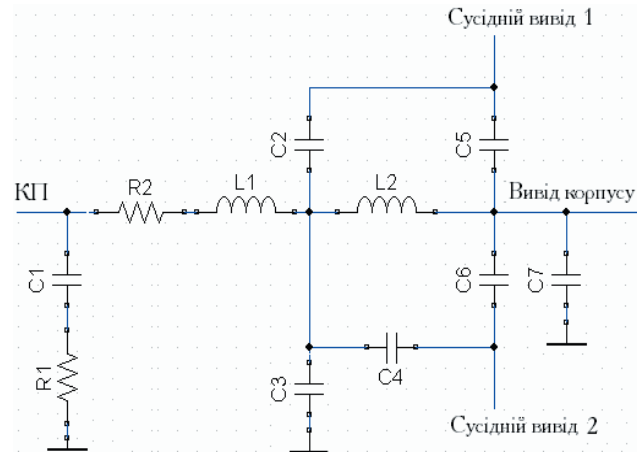


Рис. 4. Еквівалентна електрична схема виводу корпусу мікросхеми

При використанні об'ємної КМОН структури, ємність контактної площадки C_1 складається, як правило, з ємності між металізацією і підкладкою. Для зменшення цієї ємності, а також покращення пробивних характеристик контактної площадки, в підкладці під нею формують зворотно зміщений р-п перехід (рис. 5, а). В цьому випадку ємність контактної площадки складається з двох послідовно з'єднаних конденсаторів: C'_1 – контактна площадка – р-п перехід, і C'_2 – бар'єрна ємність зворотно зміщеного р-п переходу.

$$\text{Загальна ємність: } \frac{1}{C_{\text{заг}}} = \frac{1}{C'_1} + \frac{1}{C'_2}$$

Для інтегральних схем і мікросистем-на-кристалі з КНІ-структурами для суттєвого зменшення загальної паразитної ємності контактної площадки в її структуру введені додаткові шари: КНІ, затворний полікремній та ізоляційні (рис.5, б).

Для кристалів ІС з багат шаровою металізацією в структуру контактної площадки доцільно конструктивно вводити послідовне з'єднання таких конденсаторів.

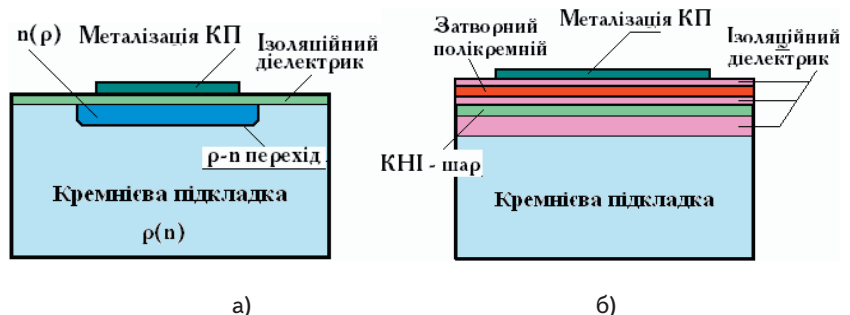
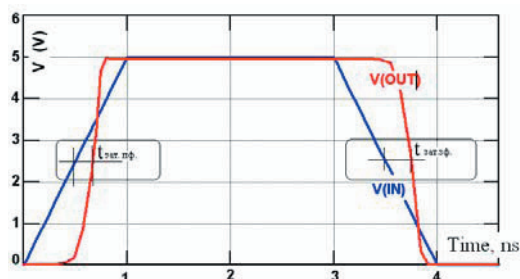


Рис. 5. Структура контактних площадок: а) з р-п переходом; б) на основі КНІ-технології

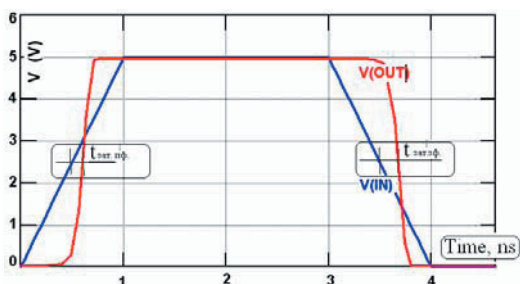
Загальна ємність контактної площадки в цьому випадку складається з трьох послідовно з'єднаних конденсаторів: C_1'' – ємність між контактною площадкою і полікремнієм, C_2'' – ємність між полікремнієм і КНІ плівкою, C_3'' – ємність між КНІ плівкою і підкладкою. Загальна ємність такою структури: $\frac{1}{C_{\text{заг}}} = \frac{1}{C_1''} + \frac{1}{C_2''} + \frac{1}{C_3''}$.

Було досліджено об'єднаний КНІ Бі-КМОН буферний каскад з врахуванням впливу ємності контактної площадки.

Перехідні характеристики КНІ Бі-КМОН каскаду, розроблені з врахуванням структури контактних площадок, в середньому на 30-40% є кращими порівняно з аналогічними для стандартних об'ємних КМОН-структур з однаковими топологічними розмірами транзисторів (рис. 6).



а)



б)

Рис. 6. Часові параметри імпульсів для КНІ Бі-КМОН вихідного каскаду з врахуванням впливу ємностей контактних площадок: а) з р-п переходом; б) на основі КНІ- технології

Отже, контактні площадки із запропонованою КНІ структурою мають переваги для високочастотних використання, а схемотехніка комбінованих КНІ КМОН і біполярних приладів має суттєві переваги за швидкістю, часовими параметрами імпульсів, споживаної енергії та підвищення ступеня інтеграції.

5. Висновки

Як видно з результатів досліджень, вихідний КНІ БіКМОН каскад має час перемикання в 2,2 рази менший порівняно з 4-ри каскадним КНІ КМОН формувачем сигналів. Багатопарова структура контактних площадок вносить менші затримки при проходженні сигналів порівняно з стандартними структурами контактних площадок з ізоляцією р-п переходом. Окрім цього, споживана потужність КНІ Бі-КМОН вихідних каскадів приблизно на 40% менша порівняно з 4-ри каскадним КНІ КМОН формувачем сигналів при однакових ємностях навантаження.

Література

1. Використання біполярного ефекту при подвійному управлінні в матричних КМОН КНІ приладних структурах : матеріали 12-ої міжн. конф. ФТТШН, 18-23 травня 2009, м. Івано-Франківськ / ред. : Д. Фреїк – м. Івано-Франківськ, “Плай” ЦІТ. – с. 195-197.
2. A high-speed domino CMOS full adder driven by a new unified-BiCMOS inverter / Circuit and system 2005, ISCAS2005, 25-26 May 2005. – P. 452-455.
3. Інвертор на основі структур «кремній-на-ізоляторі» : пат. № 7677 Україна, МПК: 7 H01L27/12, H03K19/0948 / Дружинін А. О., Когут І. Т., Павлиш В. А., Ховерко Ю. М. Заявник Львів, нац. унів. “Львівська політехніка”; заяв. 17.04.2004; опубл. 15.07.2005; Бюл. №7. – 4 с.
4. Эннс, В. И. Проектирование аналоговых КМОП микросхем. Краткий справочник разработчика / В. И. Эннс, Ю. М. Кобзев; под ред. В. И. Эннса. – М.: Горячая линия. – Телеком. – 2005. – 454 с.