

На правах рукопису

МОРОЗОВ ЮРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

**АНАЛОГОВІ ВТОРИННІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ
ІНТЕГРАЛЬНИХ СЕНСОРНИХ ПРИСТРОЇВ.**

Спеціальність 05.27.01 - Твердотільна електроніка
(включаючи функціональну)

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Державному університеті "Львівська політехніка" на електрофізичному факультеті.

Наукові керівники: доктор технічних наук,
професор Каліта В.;
кандидат технічних наук,
доцент Голяка Р.Л.

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук,
професор Берченко М.М.
кандидат технічних наук
Мартинів М.С..

Провідна організація - Інститут фізики напівпровідників НАН
України (м. Київ)

Захист відбудеться 23 травня 1997р. о 15⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 04.06.18 при Державному університеті "Львівська політехніка" (290646, м.Львів, вул. С.Бандери, 12, ауд. 124 головного корпусу).

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотечі Державного університету "Львівська політехніка" (вул. Професорська, 1).

Автореферат розісланий "22" квітня 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради

Р.І.Байцар

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність і ступінь дослідженості тематики дисертації. Значне підвищення параметрів системи техніко-економічних показників елементної бази електронної апаратури, що має місце на протязі останніх десятиліть, практично забезпечило насичення ринку традиційної електроніки. На фоні наявних досягнень традиційної елементної бази, параметри та номенклатура інтегральних сенсорних пристроїв, що є фактично основою засобів обміну інформацією між фізичним середовищем та електронною технікою, не досягли рівня, відповідного вимогам сьогодення.

На даному етапі розвитку електроніки інтегральні функціонально завершені сенсорні пристрої є одним з найбільш динамічно прогресуючих класів електронної техніки. В склад функціонально завершених сенсорів крім первинного перетворювача входять необхідні засоби по підсиленні сигналу, його стабілізації, лінеаризації, забезпеченню заданих функціональних призначень - так звані вторинні перетворювачі. Від параметрів та функціональних характеристик вторинних перетворювачів в значній мірі залежать техніко-економічні показники сенсорної апаратури в цілому.

Актуальність проблеми створення нового покоління засобів вторинного перетворення обумовлена тенденцією до однокристалного виконання сенсорних пристроїв. На відміну від багатокомпонентного виконання, сигнальні перетворювачі однокристалних сенсорів повинні передбачати єдність структурних, схемотехнічних та технологічних рішень, повну сумісність з конструкторсько-технологічним базисом кристалу сенсорних інтегральних схем (ІС). З точки зору забезпечення максимальної універсальності, мінімальної собівартості та можливості серійного

освоєння на існуючих виробництвах, в основу більшості однокристальних сенсорних пристроїв покладено технологію біполярних ІС. Серед вимог до вторинних перетворювачів сучасних сенсорних пристроїв відзначимо мінімальне енергоспоживання та можливість функціонування з низьковольтними джерелами живлення.

Таким чином проблема подальшого розвитку теорії та розробки елементної бази вторинних перетворювачів аналогового сигналу - одних з найбільш визначальних складових сучасних інтегральних сенсорних пристроїв, має вагомое наукове та практичне значення.

Дисертаційні дослідження є складовою частиною комплексної науково-технічної програми з пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки ДКНТ України (проект 05.44.02/053 - 92 - 95)

Мета роботи - розвиток теорії та принципів побудови аналогових вторинних перетворювачів сенсорної техніки, розробка вузлів біполярних ІС, що забезпечують розширення функціональних можливостей і підвищення прецизійності мікроелектронних сенсорних пристроїв.

Основні завдання наукових досліджень:

- аналіз тенденцій розвитку вторинних перетворювачів сенсорної техніки та визначення вимог до елементної бази схем аналогової обробки сигналу функціонально завершених сенсорів нового покоління;
- розвиток принципів побудови вторинних перетворювачів сенсорних біполярних ІС з живленням по сигнальній шині; розробка універсальних структурних вузлів, що забезпечують можливість створення широкої серії двополюсних сенсорних пристроїв;

- визначення універсальних засобів аналогової лінеаризації характеристик перетворення мікроелектронних сенсорних пристроїв; розробка спеціалізованих аналогових перемножувачів для безпосередньої лінеаризації та синтезу заданих функціональних залежностей прохідної характеристики;
- розробка алгоритмів функціонування сенсорних пристроїв з очікувальним режимом роботи та відповідних вузлів, що забезпечують автоматичне перемикання між очікувальним і робочим режимами роботи.

Характеристика методології, методу дослідження предмету і об'єкту. Об'єктом наукових досліджень були вузли та елементи напівпровідникових інтегральних схем. Дослідження, спрямовані на вирішення поставлених задач, базувались на використанні методів математичного та комп'ютерного моделювання електронних кіл з відповідними моделями елементів та вузлів твердотільних інтегральних схем. Достовірність та обгрунтованість наукових результатів забезпечувалась коректністю проведених розрахунків, результатами моделювань і експериментальних досліджень кристалів ІС, перевіркою функціонування створених пристроїв.

Наукова новизна роботи:

- сформульовані принципи побудови та розроблено відповідний ряд універсальних вторинних перетворювачів, що забезпечують живлення сенсорних пристроїв по сигнальній шині в багатофункціональних режимах двополюсників та диференційних трьохполюсників;
- виявлені структурні засоби ефективної компенсації нелінійності функції перетворення сенсорних пристроїв на основі розроблених та аналітично описаних спеціалізованих аналогових перемножувачів;

- розвинуті системні аспекти функціонування сенсорних пристроїв з очікувальним режимом роботи та розроблені вторинні перетворювачі, що забезпечують даний режим;
- досліджені причини невідтворюваності та температурної нестабільності характеристик однокристальних аналогових вторинних перетворювачів; виявлені схемотехнічні рішення прецизійних вузлів, характеристики яких мають мінімальну залежність від розкиду параметрів елементної бази ІС та температури.

Основні положення, що виносяться на захист:

1. Принципи побудови сенсорних пристроїв та відповідні універсальні вторинні перетворювачі, що функціонують в режимах двополюсників та трьохполюсників з диференційними характеристиками.
2. Спосіб ефективної компенсації нелінійності функції перетворення сенсорних пристроїв на основі розроблених спеціалізованих аналогових перемножувачів.
3. Системні аспекти функціонування сенсорних пристроїв з очікувальним режимом роботи та вторинні перетворювачі, що забезпечують даний режим.
4. Встановлені алгоритми побудови аналогових вторинних перетворювачів, що характеризуються конструктивно-технологічною сумісністю з базисом біполярних ІС; високою відтворюваністю параметрів, мінімальним енергоспоживанням від низьковольтних однополярних джерел живлення.

Практична цінність дисертаційної роботи:

- розроблені універсальні вузли для реалізації широкої серії сенсорних ІС з режимами дво- та трьохполюсників дозволяють об'єднати шини живлення та передачі сигналу, і тим самим мінімізувати кількість шин передачі та комутаційних елементів,

зменшити габарити та собівартість апаратури, підвищити надійність її функціонування;

- розроблені спеціалізовані аналогові перемножувачі забезпечують можливість безпосередньої лінеаризації характеристик перетворення мікроелектронних сенсорних пристроїв та синтезу заданих функціональних залежностей прохідної характеристики без необхідності застосування високоточних резисторів;
- розроблені універсальні ІС, серед яких - прецизійний двопороговий компаратор (похибка перемикання $\leq 0,1$ мВ), двопороговий компаратор з розширеним діапазоном амплітуди вхідного сигналу ($-E - 0,3 \text{ В} \leq U_{\text{вх}} \leq +E + 0,3 \text{ В}$), детектор насичення лінії передачі, тощо, дозволяють розширити галузь застосування перетворювачів з автоматичним перемиканням між очікувальним та робочим режимом, мінімізувати енергоспоживання та кількість ліній передачі інформації сенсорних пристроїв;
- серія розроблених вторинних перетворювачів забезпечує розширення функціональних характеристик мікроелектронних сенсорних пристроїв, підвищення їх прецизійності, мінімізацію енергоспоживання ($I_{\text{спож}} = 0,1 \dots 3 \text{ мА}$), нормальне функціонування з низьковольтними однополярними джерелами живлення ($E = 3,3 \dots 9 \text{ В}$) та зменшення собівартості.

Реалізація і впровадження результатів досліджень

Результати роботи впроваджені у Львівському науково-дослідному радіотехнічному інституті в процесі розробки та виготовлення серії однокристальних сенсорних ІС по КЦНТП "Електроніка 2000" підпрограма "Мікроелектроніка" та комплексному проекту № 05.44.02/053-92 ДКНТП України, що підтверджено відповідним актом.

Апробація. Основні результати представлялись та обговорювались на: II Національній науковій конференції "Інформатика: теорія, технологія, техніка - ІТТТ - 95" (Одеса, 1995); міжнародній науковій конференції присвяченій 150-річчю від дня народження І.Пулюя (Львів, 1995); Міжнародній науково-технічній конференції "Сучасні проблеми автоматизованої розробки і виробництва радіоелектронних засобів та підготовки інженерних кадрів" (Львів, 1996); XIX, XX Conference of the International Society for Hybrid Microelectronics Poland Chapter (Porabka - Kozubnik, 1995; Jurata, 1996); 1-st International Modelling School - Krym Autumn '96 (Alushta, 1996).

Публікації. За результатами проведених досліджень опубліковано 12 наукових праць.

Конкретна особиста участь автора в одержанні наукових результатів, викладених у дисертації, полягає у самостійній розробці принципів побудови, схемотехніки вузлів ІС, моделюванні, макетуванні електричних схем, проектуванні топології кристалів ІС. Створення, аналіз та дослідження кристалів ІС виконані в співавторстві згідно наведеного списку літератури. Усі висновки і положення, що складають суть дисертації, сформульовані автором особисто.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Основний зміст роботи викладений на 178 с. друкованого тексту, ілюстрованого 68 рис. і 5 таблицями. Список літератури містить 157 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульована мета досліджень, приведено основні

наукові та практичні результати, а також положення, що виносяться на захист.

В першій главі систематизовано тенденції розвитку аналогових вторинних перетворювачів сенсорної техніки, дано аналіз задач дисертаційної роботи.

Показано, що хоча засоби цифрової обробки сигналу поступово витісняють аналогові перетворювачі, значення останніх в жодній мірі не зменшується. Оскільки фізична суть вхідного сигналу з зовнішнього середовища завжди має аналоговий характер, а саме перетворення такого сигналу лежить в основі сенсорної техніки, проблема подальшого розвитку теорії та практики аналогових вторинних перетворювачів має вагомое значення.

Серед широкого класу проблем вторинного перетворення сигналу і в першу чергу сенсорної техніки, виявлені задачі, вирішення яких на даному етапі розвитку сучасної мікроелектроніки є недостатнім. Поставлена задача розробки та дослідження інтегральних вторинних перетворювачів, зокрема для забезпечення двополюсного режиму роботи, функціоналосинтезуючих аналогових перемножувачів, вузлів формування очікувального режиму роботи, що, як окремі універсальні елементи вимірювальної та сенсорної техніки нового покоління, чи в складі спеціалізованих ІС вищого рівня інтеграції - "інтелектуальних" сенсорів, тощо, задовільняють вимогам сучасних електронних систем. Серед таких вимог: однополярне живлення, надійне функціонування при напругах живлення від 3 В і вище, нормальна робота та висока прецизійність при близьких до нульових значень вхідного та вихідного сигналів, мінімальне енергоспоживання, висока технологічність та мінімальна собівартість.

В другій главі приводяться результати розробки алгоритмів функціонування та досліджень вторинних перетворювачів мікроелектронних сенсорних пристроїв з живленням по сигнальній шині, що забезпечують режими двополюсників з лінійною, пороговою та двофункціональною лінійною характеристиками, двополюсника з частотним виходом, а також трьохполюсників з лінійною диференційною та двофункціональною характеристиками.

Блок-схеми розроблених перетворювачів, відповідно з виходом по напрузі (а) та по струму (б), наведено на рис.1 : 8. Основними вузлами таких ІС є стабілізатор режимів роботи сигнального тракту (ST), первинний перетворювач (PT), сигнальний підсилювач (SA), вихідний підсилювач (OA), перетворювачі напруги (VT) - для схем з виходом по напрузі, та струму (CT) - для схем з виходом по струму, тригерні каскади (TR), комутатори (CM), керовані напругою генератори (VCG), резистори кіл зворотнього зв'язку R_1 , R_2 . В дисертації оптимізовано структурні та схемні рішення, досліджено параметри основних вузлів, показано шляхи забезпечення заданої прецизійності перетворення, нормального функціонування при напругах живлення від 3В і вище, мінімального енергоспоживання.

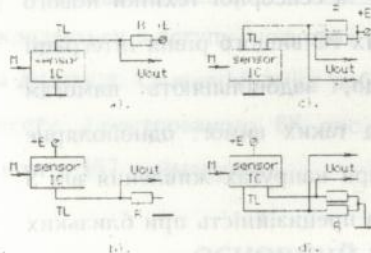


Рис.1. Схеми застосування сенсорних ІС з живленням по сигнальній шині

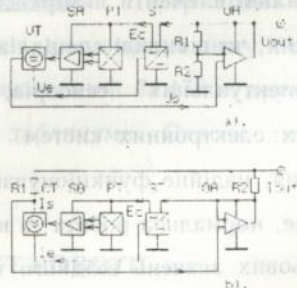


Рис.2. Блок-схема двополюсних сенсорних ІС з лінійною характеристикою

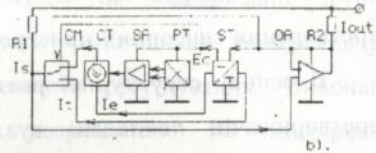
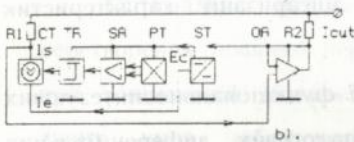
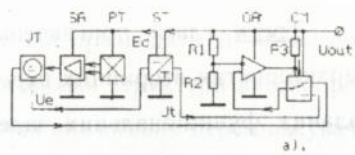
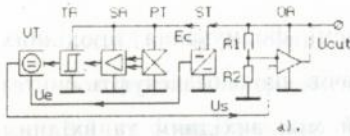


Рис.3. Блок-схема двополюсных сенсорных ИС с пороговой характеристикой

Рис.4. Блок-схема двополюсных сенсорных ИС с бифункциональной линейной характеристикой

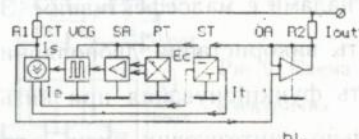
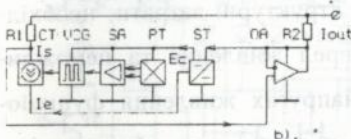
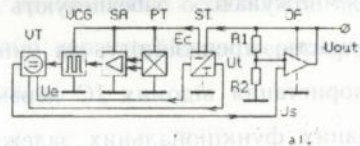
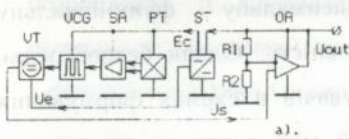


Рис.5. Блок-схема двополюсных сенсорных ИС с частотным выходом

Рис.6. Блок-схема двополюсных сенсорных ИС с бифункциональным частотно-амплитудным выходом

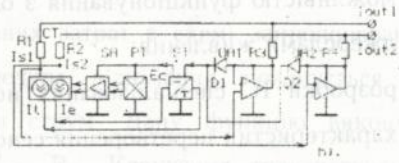
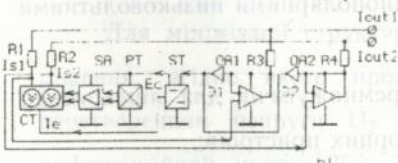
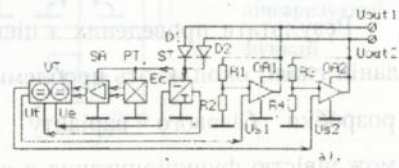
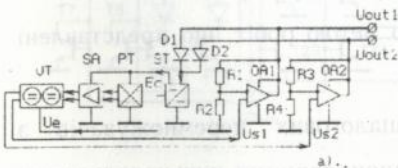


Рис.7. Блок-схема трехполюсных сенсорных ИС с линейной дифференциальной характеристикой

Рис.8. Блок-схема трехполюсных сенсорных ИС с бифункциональной линейной характеристикой

Третя глава присвячена проблемі формування прохідних характеристик вторинних перетворювачів, що забезпечують синтез заданих функціональних залежностей між вихідним та вхідним сигналами, наприклад, з метою лінеаризації характеристик перетворення сенсорних пристроїв.

В основу структурної реалізації функціональносинтезуючих перетворювачів покладені вузли аналогових диференціальних перемножувачів. Серед інших схем формування нелінійних прохідних характеристик вторинних перетворювачів диференціальні перемножувачі забезпечують максимальну функціональну гнучкість, прецизійність та універсальність. Однак безпосереднє використання відомих ІС перемножувачів в схемах формування заданих функціональних залежностей між вихідним та вхідним сигналами є малоефективним. Значні структурні затрати, необхідність використання двополярних джерел живлення та неможливість функціонування при низьких напругах живлення функціонально синтезуючих схем - основні причини, що обумовлюють необхідність розробки спеціалізованих аналогових перемножувачів для вторинних перетворювачів сенсорних пристроїв.

Результати проведених з цією метою робіт, що представлені в даній главі, охоплюють проблеми:

- розробки базового варіанту аналогових перемножувачів з можливістю функціонування з однополярними низьковольтними джерелами живлення;
- розробки ІС спеціалізованих перемножувачів для лінеаризації характеристик перетворення сенсорних пристроїв;
- розробки принципів побудови багатовузлових аналогових перемножувачів для поліноміальних функціональносинтезуючих перетворювачів з мінімальними структурними затратами;

- дослідження основних факторів, які призводять до появи похибок функції перемноження, та розробки структури високопрецизійних функціонально синтезуючих аналогових перемножувачів.

Оптимальне вирішення проблеми лінеаризації функції перетворення повинно передбачати максимальну універсальність при мінімальній кількості елементів регулювання. Виконання даних умов забезпечено в розроблених ІС лінеаризації характеристик перетворення.

Зокрема на рис.9 наведена електрична схема однієї з ряду розроблених ІС лінеаризаторів, принциповою особливістю якої є можливість ефективної лінеаризації характеристики перетворення з фіксацією опорної (реперної) точки.

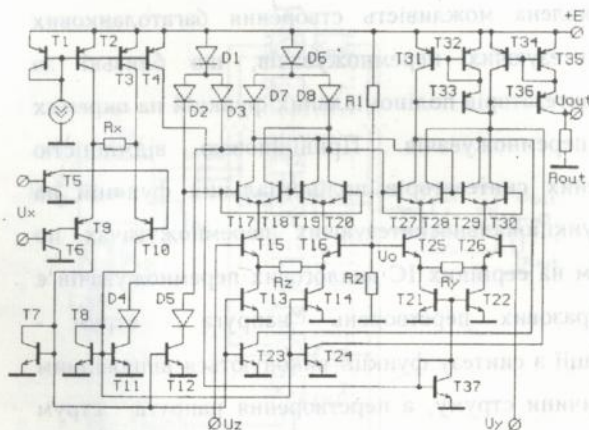


Рис.9. Схема електрична перемножувача з фіксацією опорної точки лінеаризуючої функції.

Для мінімізації структурних затрат в схемі запропоновано рішення, згідно якого процедура віднімання поєднується з перетворенням напруги U_Z в струм. Дану функцію виконує диференційний каскад T_{15}, T_{16}, R_Z . Керування транзисторами каскаду відбувається, як в базових колах - напругою формування опорної точки $U_Z - U_0$, так і в емітерних колах - диференціально заданим струмом $I_{C0} \pm I_X$.

Прийнявши, що резистор перетворення R_Z значно перевищує диференційні опори емітерних р-п-переходів r_E , та, згідно наведеної схеми, умови $I_C(T_{13}) = I_{C0} - I_X$, $I_C(T_{14}) = I_{C0} + I_X$, вихідні струми диференціального каскаду складають: $I_C(T_{15}) = I_{C0} - (I_X - I_Z)$; $I_C(E_{16}) = I_{C0} + (I_X - I_Z)$, де $I_Z = (U_Z - U_0)/R_Z$. Опорна напруга U_0 вибрана спільною для обох керуючих сигналів – знаку і значення кривизни U_Y координати опорної точки U_Z .

Вихідний струм схеми становить

$$I_{OUT} = 2 \cdot I_X + 2 \cdot I_Y \cdot \frac{I_X \cdot (I_X - I_Z)}{I_{C0}^2}, \quad (1)$$

що при умові $2 \cdot R_{OUT} = R_X = R_Y = R_Z = R_I$ визначає вихідну

$$\text{напругу лінеаризатора } U_{OUT} = \Delta U_X + \Delta U_Y \cdot \frac{\Delta U_X \cdot (\Delta U_X - \Delta U_Z)}{U_0^2}. \quad (2)$$

В роботі виявлена можливість створення багатоланкових функціонально синтезуючих перемножувачів, що близькі за призначенням до синтезаторів поліноміальних функцій на окремих ІС аналогових перемножувачів. Принциповою відмінністю побудови розроблених синтезаторів поліноміальних функцій на багатоланкових функціонально синтезуючих перемножувачах по відношенню до схем на серійних ІС аналогових перемножувачів є відсутність багаторазових перетворень “напруга - струм - напруга”. Всі операції з синтезу функції виконуються відповідним перетворенням величини струму, а перетворення напруга - струм та струм - напруга мають місце тільки один раз - відповідно на вході та виході синтезатора. Це забезпечує: мінімальну кількість високоточних резисторів, на яких відбуваються відповідні перетворення; не критичність до величини падіння напруги на шинах комутації та перехресних розв’язках на напівпровідникових структурах, що є характерним для ІС з однорівневим шаром металізації; мінімальне енергоспоживання та розширений діапазон амплітуди сигналу.

Блок - схема багатоланкового функціонально синтезуючого перемножувача показана на рис.10. Схема містить вузол входного перетворення $U \rightarrow I$, необхідну кількість вузлів перемноження $(X)^i$ з відповідними подільниками струму K_{1i}, K_{2i}, K_{3i} , суматор Σ .

Схема багатоланкового функціонально синтезуючого перемножувача забезпечує формування прохідної характеристики типу:

$$U_{OUT} = 2 \cdot U_{RI} \cdot \frac{R_{OUT}}{R_1} \cdot \sum_{i=1}^n \left(K_{10} \cdot K_{1i} \cdot \left(\frac{R_1 \cdot U_X}{R_X \cdot U_{RI}} \right)^i \right), \quad (3)$$

де: U_X, U_{OUT} - відповідно вхідна та вихідна напруги; R_1, U_{RI} - струмозадаючий резистор та величина опорної напруги на ньому; R_X, R_{OUT} - резистори вхідного та вихідного струмового перетворення; K_{10}, K_{1i} - коефіцієнти передачі струму i -тої ланки.

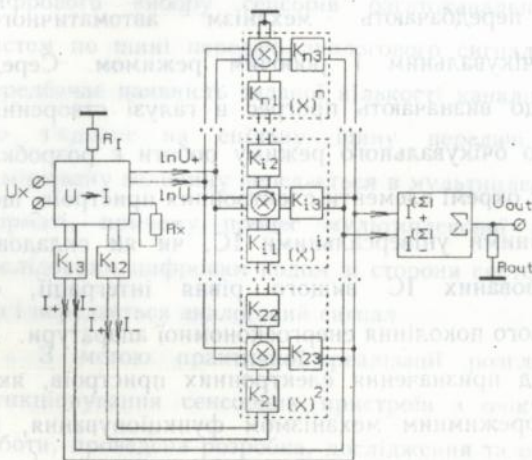


Рис.10. Блок-схема багатоланкового функціонально синтезуючого перемножувача.

В інтегральному виконанні в рамках одного кристалу відхилення співвідношення однотипних резисторів від номінального не перевищує (0,2 - 1) %, що забезпечує високу відтворюваність вихідної характеристики. При $R_1 = R_X = 2 \cdot R_{OUT}$ вихідна напруга функціонально синтезуючого перемножувача визначається як

$$U_{\text{OUT}} = U_{\text{RI}} \cdot \sum_{i=1}^n \left(K_{i0} \cdot K_{i*} \cdot \left(\frac{U_X}{U_{\text{RI}}} \right)^i \right) \quad (4)$$

В ході досліджень виявлено недостатню ефективність відомих засобів забезпечення прецизійності перемножувачів, що використовуються як елементна база аналогових функціонально синтезуючих кіл. В дисертації дано аналіз похибок функціонування відомих ІС аналогових перемножувачів, зокрема в мікропотужних режимах роботи з низьковольтними джерелами живлення, розкриті результати розробки структури високопрецизійних функціонально синтезуючих перемножувачів.

Четверта глава присвячена проблемі розробки елементної бази електронних пристроїв, які з метою мінімізації енергоспоживання, передбачають механізм автоматичного перемикавання між очікувальним і робочим режимом. Серед основних проблем, що визначають прогрес в галузі створення пристроїв з наявністю очікувального режиму роботи є розробка відповідних ІС, які як окремі елементи електронних пристроїв, що в сукупності з серійними універсальними ІС, чи як складові компоненти спеціалізованих ІС вищого рівня інтеграції, є елементною базою нового покоління енергоекономної апаратури.

В залежності від призначення електронних пристроїв, які характеризуються дворезимним механізмом функціонування, в дисертації показано, що очікувальний режим роботи можна забезпечити по типу:

- Безпосереднього стробування пристрою синхронізуючими імпульсами.
- Перемикавання пристрою при заданій амплітуді вхідного сигналу.
- Перемикавання пристрою відповідним станом лінії передачі вихідного сигналу.

– Перемикання пристрою відповідним послідовним цифровим кодом по лінії передачі сигналу.

Пристрої першого типу, що базуються на безпосередньому стробуванні схем синхронізуючими імпульсами в даний час є найбільш поширені. В склад таких пристроїв входять, як правило, задаючий генератор, схема відбору і зберігання інформації, стробовані давачі, підсилювачі, виконавчі елементи, тощо.

Серед вагомих проблем, що вирішує очікувальний режим роботи сенсорних пристроїв є можливість створення багатоканальних вимірювальних систем без, притаманного для таких систем, відповідного збільшення шин передачі інформації. В рамках дисертаційної роботи проведена розробка засобів цифрового вибору сенсорів багатоканальних вимірювальних систем по шині передачі аналогового сигналу. Даний алгоритм передбачає наявність заданої кількості каналів збору інформації, що з'єднані на спільну шину передачі. Інформація про вимірювану величину передається в мультиплексному аналоговому форматі, причому процес мультиплексної передачі керується послідовним цифровим кодом зі сторони системи по цій-же шині, що і передається аналоговий сигнал.

З метою практичної реалізації розглянутих алгоритмів функціонування сенсорних пристроїв з очікувальним режимом роботи, проведена розробка, дослідження та оптимізація схемних рішень відповідних вузлів: прецизійного двопорогового компаратора напруг та компаратора з розширеним діапазоном вхідних напруг; перетворювача-детектора режиму насичення лінії передачі; спеціалізованих вихідних каскадів, що формують двонаправлений режим роботи (аналоговий вихід сигналу при цифровому керуванні по спільній лінії передачі); лічильного трігера з мінімальними структурними затратами.

РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ І ВИСНОВКИ

1. Виявлена можливість та розроблені принципи реалізації сенсорних ІС в режимі двополюсників з лінійною, пороговою та двофункціональною характеристиками, двополюсників з частотним та двофункціональним частотно-амплітудним виходом, трьохполюсників з лінійною диференційною та двофункціональною характеристиками.
2. Розроблені та досліджені електричні схеми вузлів для забезпечення широкого спектру двополюсних та диференціальних трьохполюсних режимів роботи.
3. Показана можливість створення ІС аналогового перемножувача, що забезпечує функціонування при нульовому рівні синфазної складової вхідного сигналу та однополярному джерелі живлення від ЗВ і вище.
4. Розроблена структура багатовузлових функціонально синтезуючих аналогових перемножувачів. Принциповою відмінністю синтезаторів поліноміальних функцій на багатовузлових перемножувачах по відношенню до схем на серійних ІС є відсутність багаторазових перетворень "напруга-струм-напруга", що забезпечує мінімальну кількість високоточних резисторів, нечутливість до величини падіння напруги на шинах комутації, мінімізацію енергоспоживання та розширення діапазону амплітуди сигналу.
5. Розроблені спеціалізовані перемножувачі для лінеаризації характеристик перетворення сенсорних пристроїв. ІС лінеаризаторів забезпечує можливість ефективної корекції характеристики перетворення вимірювальних кіл, компенсації так званих ефектів "провисання" та "завалювання" функції перетворення, формування опорних точок з фіксованим коефіцієнтом передачі.

6. Очікувальний режим роботи сенсорних пристроїв забезпечується чотирьома основними алгоритмами: безпосереднім стробуванням пристрою синхронізуючими імпульсами; перемиканням при заданій амплітуді вхідного сигналу; перемиканням відповідним станом лінії передачі вихідного сигналу та перемиканням відповідним цифровим кодом по лінії передачі вихідного сигналу.
7. Проведено розробку та дослідження універсальних ІС амплітудної селекції сигналу, що є новою елементною базою схем автоматичного перемикання між робочим та очікувальним режимами роботи. Серед розроблених схем - прецизійний двопороговий компаратор, двопороговий компаратор з розширеним діапазоном амплітуди вхідного сигналу, детектор насичення лінії передачі.
8. Розроблена структура та відповідні схеми забезпечення мультиплексного режиму роботи багатоканальних вимірювальних систем з керуванням сенсорних біполярних ІС послідовним цифровим кодом по лінії передачі вихідного сигналу.
9. Досліджені фактори нестабільності та невідтворюваності характеристик вузлів вторинних перетворювачів, розроблені структури високопрецизійних схем.
10. В основу реалізації розроблених вторинних перетворювачів покладено технологію біполярних ІС, що забезпечує мінімальну собівартість та можливість інтегрування в склад функціонально завершених сенсорних біполярних ІС. Розроблені вторинні перетворювачі забезпечують розширення функціональних характеристик мікроелектронних сенсорних пристроїв, підвищення їх прецизійності, мінімізацію енергоспоживання та зменшення собівартості.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ В РОБОТАХ

1. Готра З.Ю., Голяка Р.Л., **Морозов Ю.В.**, Халавка А.І. Очікувальний режим роботи біполярних сенсорних ІС багатоканальних інформаційно-вимірювальних систем // Вісник ДУ "Львівська політехніка". Комп'ютерні системи проектування: теорія і практика. - 1995. - №313 - С.131-136.
2. Гладун М.Р., Готра З.Ю., Голяка Р.Л., **Морозов Ю.В.** Функціонально синтезуючі перетворювачі на спеціалізованих аналогових перемножувачах // В кн. "Схемотехніка аналогових мікроелектронних сенсорних пристроїв" / За ред. Готри З.Ю., Голяки Р.Л., Каліти В. "Львівська політехніка". 1996. - С. 11 - 25.
3. Готра З.Ю., Голяка Р.Л., **Морозов Ю.В.**, Каліта В. Структура високопрецизійних функціонально синтезуючих аналогових перемножувачів // В кн. "Схемотехніка аналогових мікроелектронних сенсорних пристроїв" / За ред. Готри З.Ю., Голяки Р.Л., Каліти В. "Львівська політехніка". 1996. - С. 26 - 36.
4. Готра З.Ю., Голяка Р.Л., **Морозов Ю.В.**, Смеркло Л.М. Елементна база забезпечення очікувального режиму роботи вимірювальних та сенсорних пристроїв // В кн. "Схемотехніка аналогових мікроелектронних сенсорних пристроїв" / За ред. Готри З.Ю., Голяки Р.Л., Каліти В. - "Львівська політехніка". 1996. - С. 37 - 53.
5. Готра З.Ю., Голяка Р.Л., **Морозов Ю.В.**, Чапля Є.Я. Вторинні перетворювачі сенсорних ІС з живленням по сигнальній шині // Препрінт №6-96. ЦММ ІППММ ім.Я.С.Підстригача НАН України. - 1996. - 39 с.
6. Готра З.Ю., Голяка Р.Л., **Морозов Ю.В.**, Гладун М.Р. Очікувальний режим роботи інформаційно-вимірювальних систем та його забезпечення // Друга національна наукова

- конференція "Інформатика: теорія, технологія, техніка - ІТТГ-95". Матеріали доповідей. Одеса. - 1995. - С.31-32.
7. Готра З.Ю., Голяка Р.Л., **Морозов Ю.В.**, Петрів О.Р. Однокристалний вторинний перетворювач сенсорних пристроїв // Міжнародна наукова конференція присв. 150-річчю від дня народження І.Пулюя. Тези доповідей. Львів. - 1996. - С.212-213.
8. Gotra Z., Potencki J., Golyaka R., Pavlishin O., **Morozov J.** Single-chip secondary transducer of sensor devices // XIX ISHM - Poland Conf. Porabka - Kozubnic. Sept. - 1995. Proceedings - P.197-200.
9. Golyaka R., **Morozov J.**, Kalita W., Glodoun M., Zabarylo A. Complex function dependences synthesiser on the basis of analogue integrated circuits // XX ISHM - Poland Conf. Jurata. Sept. - 1996. Proceedings - P.53.
10. Голяка Р.Л., Смеркло Л.М., **Морозов Ю.В.**, Забарилко А.Ю. Комплект ІС з частотним перетворенням для вимірювальної та сенсорної техніки // Міжнародна науково-технічна конференція "Сучасні проблеми розробки і виробництва радіоелектронних засобів". Матеріали конференції. Львів. - 1996. - С.104.
11. Голяка Р.Л., Мартинов Д.О., **Морозов Ю.В.**, Забарилко А.Ю. Структурні методи забезпечення прецизійності твердотільних сенсорних пристроїв // Міжнародна науково-технічна конференція "Сучасні проблеми розробки і виробництва радіоелектронних засобів". Матеріали конференції. Львів. - 1996. - С.104.
12. Голяка Р.Л., Гладун М.Р., **Морозов Ю.В.**, Забарилко А.Ю. Програмне забезпечення для оптимізації структурних засобів лінеаризації характеристик інтегральних сенсорних пристроїв // Proc. 1-st Int. Modelling School. Krym, Alushta, September 12-17, 1996. - Rzeszow, 1996. - P.24.

Морозов Ю.В. Аналоговые вторичные преобразователи интегральных сенсорных устройств. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 - Твердотельная электроника (включая функциональную) Государственный университет "Львівська політехніка", Львов, 1997.

Защищаются 12 научных работ, содержащих результаты теоретических и экспериментальных исследований аналоговых вторичных преобразователей интегральных сенсорных устройств, дано развитие принципов их построения. Разработаны алгоритмы функционирования и схемотехника сенсорных устройств с питанием по сигнальной шине, узлы линеаризации функции преобразования, системные аспекты ждущего режима работы. Разработанная серия узлов вторичных преобразователей решила проблемы создания интегральных, в том числе однокристалльных, сенсорных устройств.

Morozov Ju.V. Analog secondary transducer of integrated sensor devices. Dissertation on search of the scientific degree of candidate of technical science by speciality 05.27.01 - Solid-state electronics (including functional). State university "Lviv Polytechnic", Lviv, 1997.

12 scientific publications which contain the results of theoretical and experimental investigations of analog secondary transducer of microelectronic sensor devices, gived principles development of their building. It was created principles of functioning and scheme-technique of sensor devices with power supply by signal line, linecrising modules for transforming function, waiting job modes algoritms realising. Designed series of secondary transducer modules solves the problem of creation microelectronic, also single-chip, sensor devices.

Ключові слова: інтегральна схема, вторинний перетворювач, двополюсні сенсори, лінеаризатор, очікувальний режим роботи.

Друк офсетний
Формат 60x90 1/16
Тираж 100 примірників
Друк ТЗОВ «Простір М»

435666

AB 37.564