

УДК 621.3

Ю.І. БЕРЕЖАНСЬКИЙ

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

КВАДРАТУРНИЙ ДЕКОДЕР ПІДВИЩЕНОЇ НАДІЙНОСТІ

Розглянуто характеристики та принципи побудови квадратурних декодерів, а також їх недоліки. Проведено проектування декодера з використанням середовища PSoC Creator. Показано вплив завад на інформаційні входи декодера та введено в систему нелінійний фільтр для їх подолання. Наведено розрахунок складностей нелінійного фільтра та описано його функції. Зроблені висновки про доцільність використання нелінійного фільтра. Показано, що при внесенні в декодер нелінійного фільтра зростає його апаратна та структурна складності, але часова та програмна складності залишаються незмінні.

Ключові слова: квадратурний декодер, нелінійний фільтр, розрахунок складностей.

Вступ

В наш час практичне застосування у багатьох галузях сучасної техніки знайшли квадратурні енкодери та декодери. Вони широко використовуються у функціонуванні різноманітних спеціалізованих комп'ютерних систем, таких як: пристрої введення інформації у персональних комп'ютерах – мишки та трекболи, різного типу маніпуляторах, у сервоприводах, роботизованих осях, для фотокамер в об'єктивах спеціального призначення, обертових радарних платформах, у валах електромоторів, різномунітних рухомих системах, роботах і т. п.

Квадратурний декодер призначений для декодування квадратурних сигналів з пари цифрових входів. Переважно сигнали містять дані про швидкість або позицію системи, двигуна, мишки або трекбола. Квадратурний декодер може застосовуватись для визначення переміщення об'єкту, швидкості обертання, прискорення, поточної позиції об'єкта, зміщення від нульової точки чи від попередньої позиції.

Сигнали, квадратурного декодера зазвичай позначаються як А і В, та генеруються квадратурним енкодером зі зміщенням 90 градусів по фазі, що призводить до генерації коду Грея на виході енкодера. Код Грея являє собою послідовність, де два по-

слідовні значення відрізняються тільки на один біт, що дозволяє уникати збоїв. Квадратурний декодер дозволяє визначати напрям і відносну позицію. Третій додатковий сигнал декодера – індекс (на базі якого генерується скидання), використовується як еталон (референтна мітка або маркер) для встановлення абсолютної позиції один раз за оберт.

На рис. 1 наводиться співвідношення між вхідними сигналами квадратурного декодера [1].

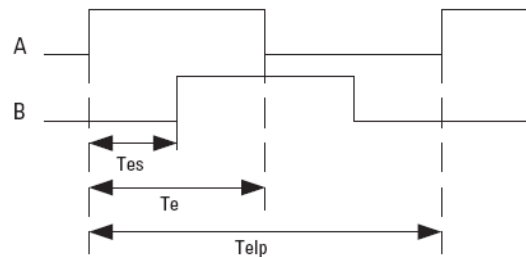


Рис. 1. Співвідношення між вхідними сигналами квадратурного декодера:
 t_{ES} – період стану енкодера; t_E – ширина пульсу енкодера (низького або високого);
 t_{ELP} – ширина періоду енкодера

На рис. 2 приводиться часова діаграма генерування імпульсів з роздільною здатністю 4x.

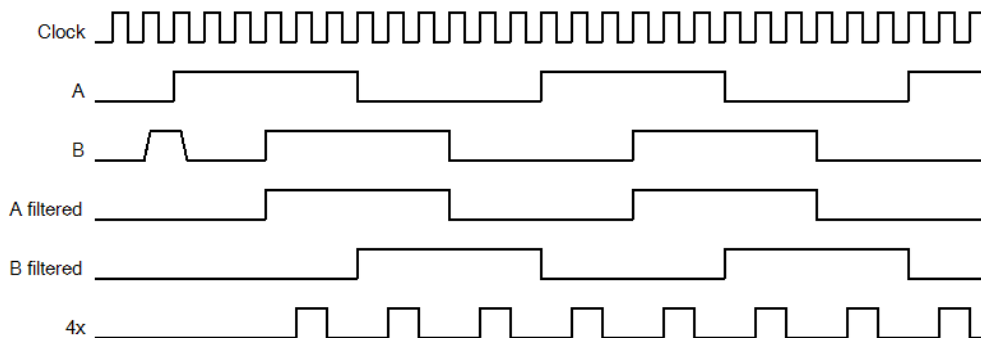


Рис. 2. Часова діаграма генерування імпульсів з роздільною здатністю 4x

1. Постановка задачі

Квадратурні декодери, що використовуються у спеціалізованих комп'ютерних системах характеризуються такими параметрами як розмір лічильника та роздільна здатність. Ці параметри мають безпосередній вплив на точність, чіткість та достовірність при визначенні поточного положення.

Квадратурні декодери мають такі недоліки:

- низька точність при недостатній розрядності та/або роздільній здатності;
- втрата інформації при появі завад на входах декодера.

Для забезпечення достатньої точності сучасні квадратурні декодери мають розмір лічильника до 32 біт та роздільну здатність до 4х від частоти вхідних сигналів. Засобами IDE (інтегроване середовище розробки) PSoC Creator та з використанням ресурсів системи на кристалі PSoC3, реалізовано квадратурний декодер зі змінним розміром лічильника 8/16/32 біт та роздільною здатністю 1х, 2х, 4х від частоти входів А і В. Дані параметри вибрані для точнішого визначення позиції чи швидкості при застосуванні декодера у різних задачах користувачів. Вибір розміру лічильника та роздільної здат-

ності здійснюється на етапі програмування PSoC3 засобами IDE PSoC Creator.

Основна задача інкрементального пристрою – детектування покрокового переміщення з опорою на нульову (індексну) мітку, при включенні живлення. Головним недоліком інкрементальних енкодерів, в порівнянні з абсолютними, є втрата інкрементальної інформації при збоях живлення (навіть у системах із зовнішнім, відносно енкодера, індексним каналом). Робота присвячена тому щоб зменшити цей недолік з використанням сучасних технологій. В роботі також використовується теорія складності – сучасний математичний апарат для оцінки складностей спеціалізованих комп'ютерних систем [2].

2. Реалізація квадратурного декодера на PSoC3 фірми Cypress Semiconductor

Квадратурний декодер реалізований засобами IDE PSoC Creator на цифровій частині системи на кристалі PSoC3[3, 4]. Декодер складається з кількох блоків: нелінійного фільтру, машини станів, лічильника імпульсів та блоку переривань.

На рис. 3 приведено структурну схему квадратурного декодера.

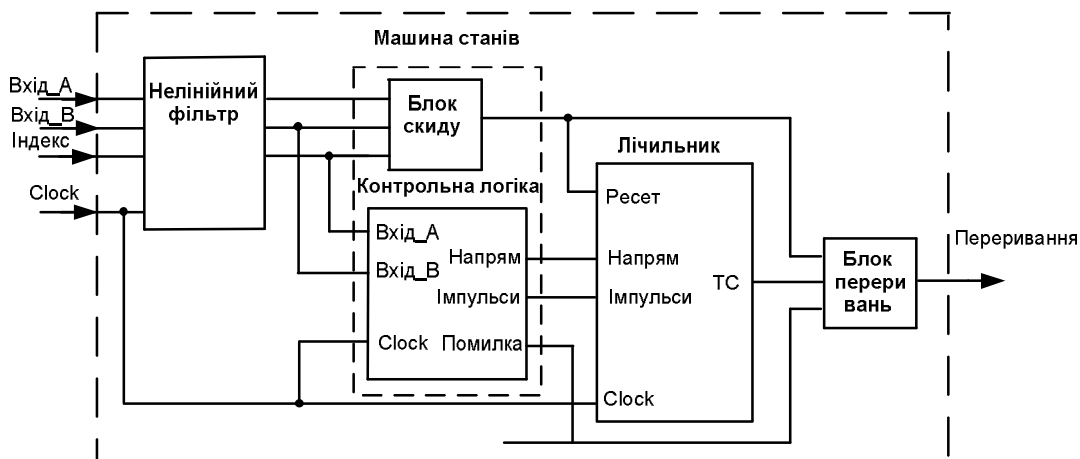


Рис. 3. Структурна схема квадратурного декодера

Нелінійний фільтр. Даний блок виконує фільтрацію імпульсних завад на входах декодера. Цей блок є опційним. При його використанні фільтровані виходи з блоку не змінять свого стану доти, доки не буде три успішні послідовні вибірки з входів декодера з однаковим значенням.

Машина станів. Даний блок виконує базові операції квадратурного декодера. Його головним завданням є детектування напрямку, базуючись на вхідних сигналах та генерування одиничних імпульсів для підрахунку з роздільною здатністю 1х, 2х або 4х.

Також даний блок виконує генерування сигналу скидання та помилки.

Лічильник. Головне призначення даного блоку полягає у підраховуванні кількості кроків переміщення в прямому чи зворотному напрямку.

Блок переривань. Даний блок управляє генеруванням переривань. Він включає статусний регістр, який містить поточний стан всіх переривань системи, а саме: від переповнення лічильника, від сигналу скидання, від помилки (забороненої комбінації на входах декодера).

При переході до реалізації декодера на елементах логіки цифрової частини PSoC (PLD – programmable logic device) отримуємо наступну функціональну схему рис. 4. Внутрішня реалізація машини станів пояснюється граф схемою станів, рис. 5.

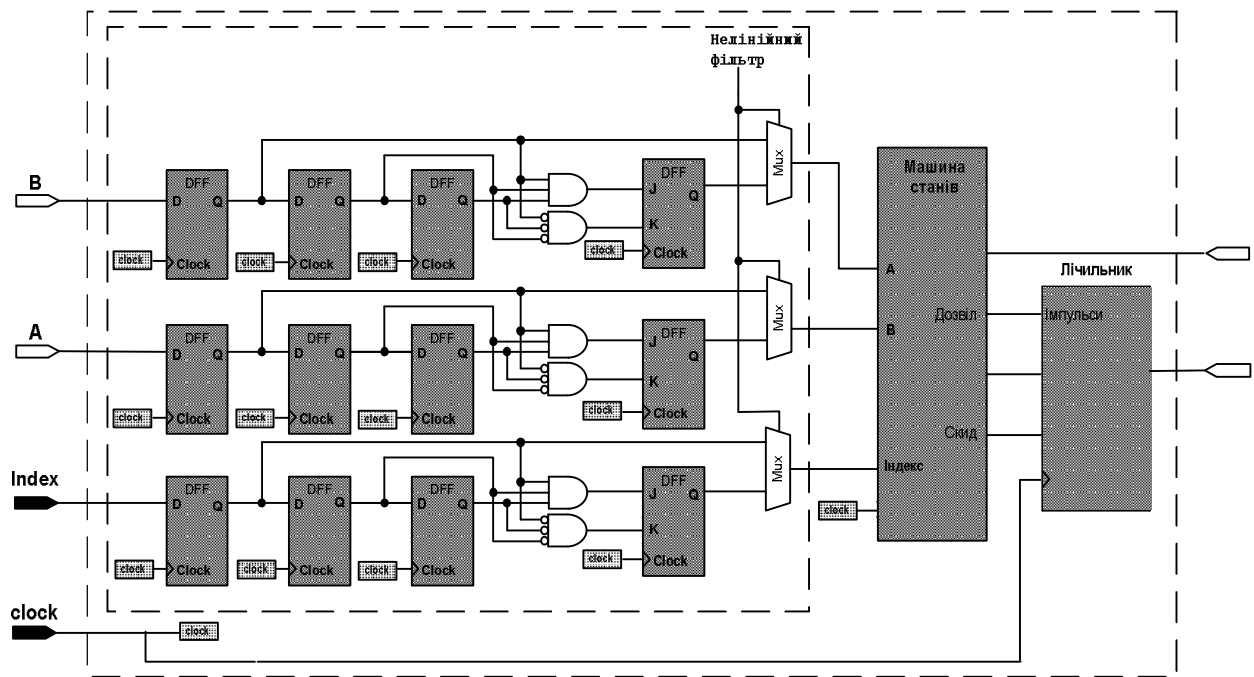


Рис. 4. Функціональна схема квадратного декодера

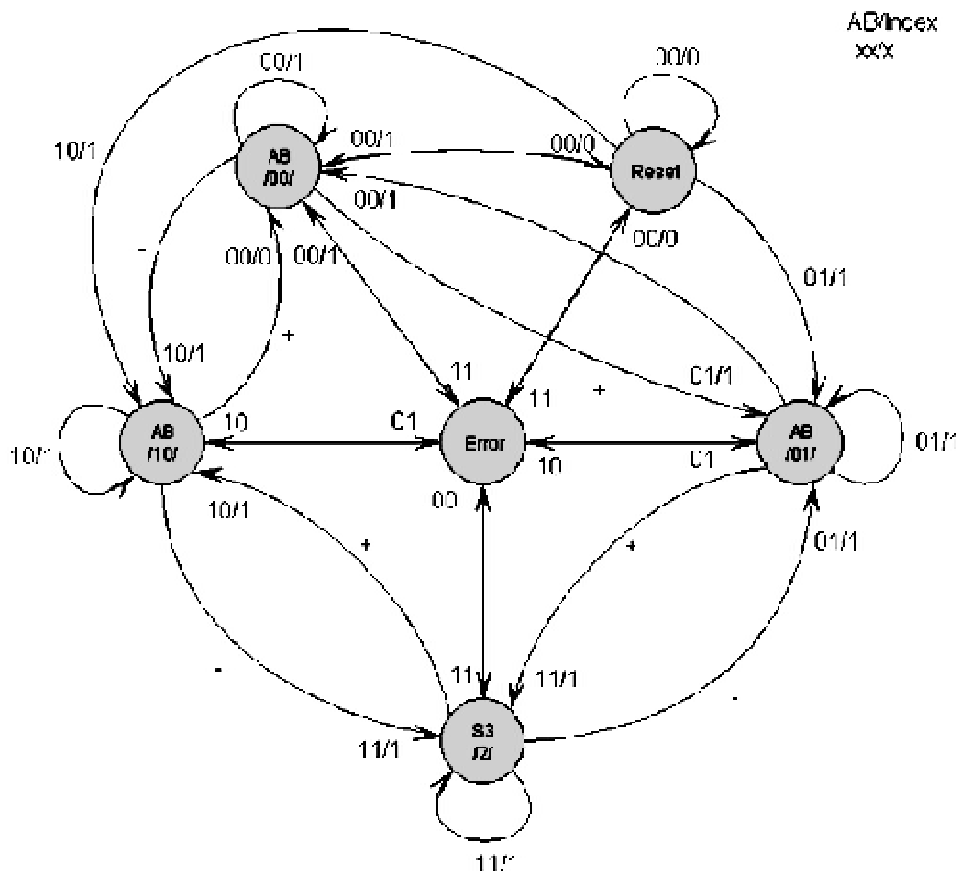


Рис. 5. Граф схема машини станів квадратного декодера

Опис станів декодера наведений у табл. 1.

Таблиця 1

Опис станів декодера

Стан	Опис
Reset	стан скидання - обнуління вмісту лічильника
AB_00	стан 00
AB_01	стан 01
AB_10	стан 10
AB_11	стан 11
Error	стан помилки – некоректна комбінація входів декодера

Кожен стан генерує виходи з машини станів декодера: помилку, дозвіл рахунку, напрям рахунку, сигнал скидання.

Рух у прямому напрямку приймається як 10 11 01 00, у зворотному - 01 11 10 00. Лічильник інкрементується лише за повного проходження циклу. Декодер має чотири стани, що покривають всі можливі комбінації значень входів (рис. 1, 2). На рис. 5 приведена діаграма переходів між станами. Стани

позначені “+” та “-“ що означає інкрементування та декрементування лічильника.

В залежності від роздільної здатності лічильника, його вміст збільшується або зменшується на 1, 2 або 4 відліки для кожного повного циклу квадратного сигналу в залежності від напрямку руху.

3. Введення нелінійного фільтра для усунення завад на входах декодера

Нелінійний фільтр вводиться для подолання імпульсних перешкод та зниження впливу шумів на входах та уникнення втрати інкрементальної інформації. Реалізація нелінійного фільтра приводиться на рис.4. Фільтр реалізовано як опційний. В системах де гарантується відсутність завад, або де подолання імпульсних завад відбувається до моменту попадання сигналів на входи декодера, – фільтр може бути відключено засобами IDE PSoC Creator. Це дозволить скоротити апаратні витрати при реалізації декодера. Проте у такому варіанті завади на входах будуть сприйматися як корисний сигнал,- що приведе до хибних спрацювань.

Часова діаграма роботи декодера без використання нелінійного фільтра наведена на рис. 6.

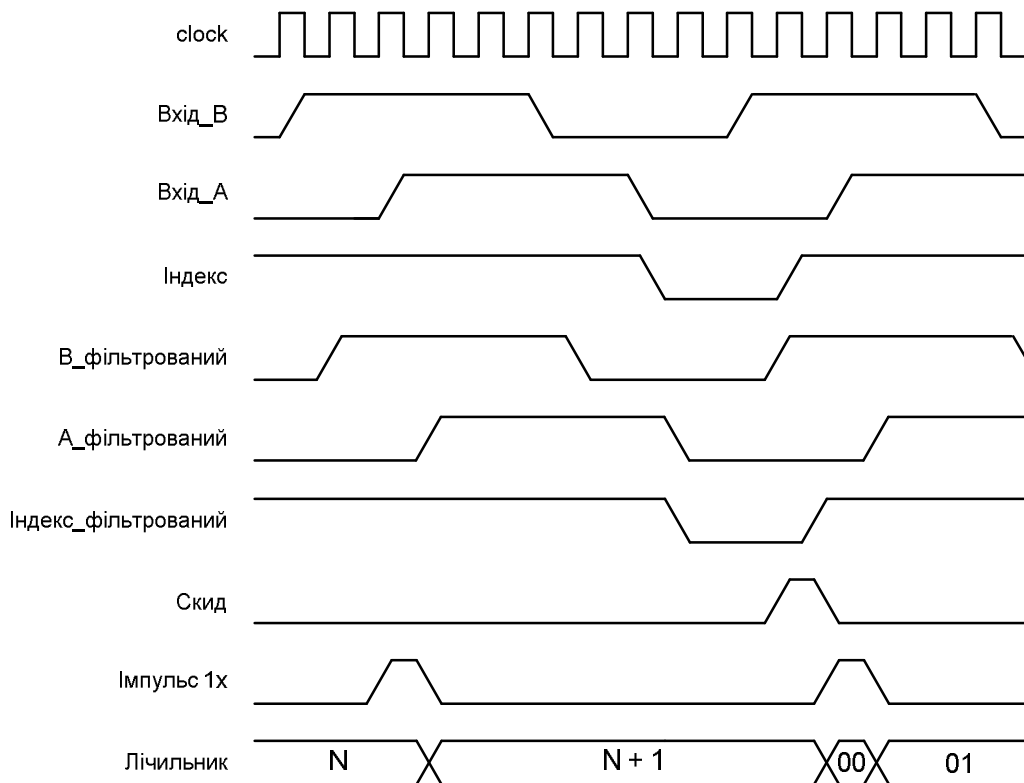


Рис. 6. Часова діаграма без нелінійного фільтра

На рис. 7 приведено часову діаграму роботи декодера з використанням нелінійного фільтра. У такому варіанті завади на входах декодера будуть відфільтровані. Принцип роботи фільтра наступний:

фільтровані виходи з блоку не змінять свого стану допоки не буде три успішних послідовних вибірки з входів декодера з однаковим значенням. Вибірki здійснюються і аналізуються з кожного входу окре-

мо, по передньому фронту сигналу синхронізації. Тобто даний фільтр відфільтровує завади тривалістю 3 періоди синхроімпульсів. Це є виправданим в

даній реалізації, зважаючи на те, що частота синхроімпульсів повинна бути в 10 разів більше частоти вхідних сигналів.

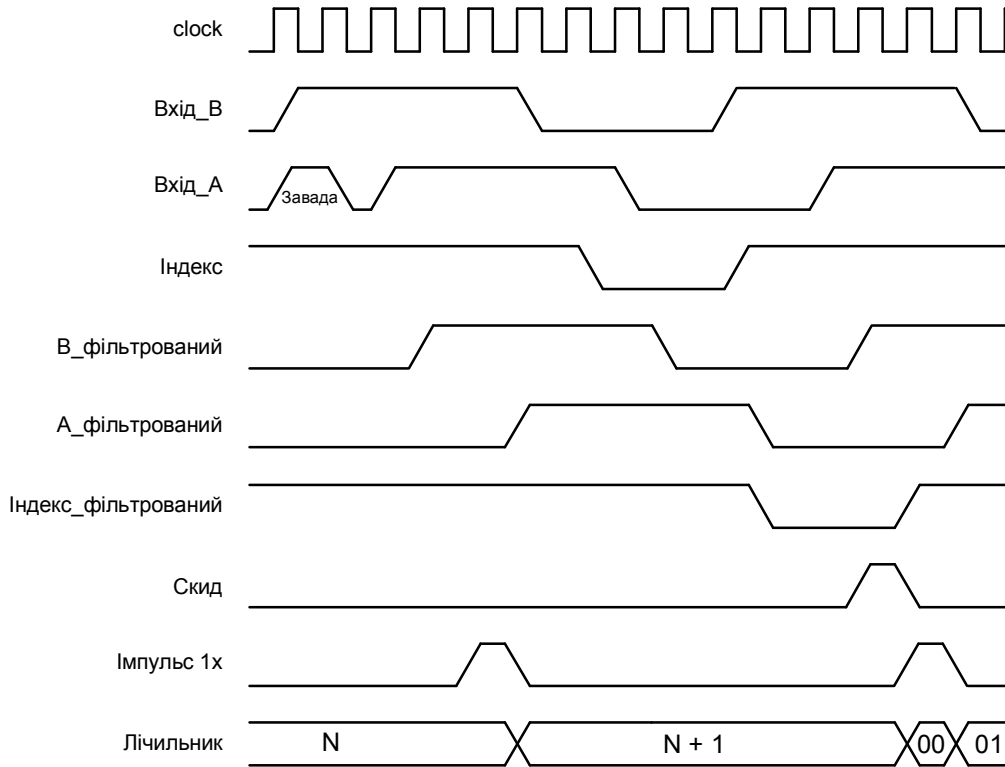


Рис. 7. Часова діаграма з нелінійним фільтром

При додаванні нелінійного фільтра в систему вноситься додаткова апаратна складність яка може бути розрахована як[5, 6]:

$A = |X|$, де X - множина елементів схеми.

$A = 20$ вентилів

Також в систему вноситься додаткова структурна складність, яка розраховується таким чином:

$$S = -F \log_2 \frac{F}{q \cdot r}$$

де F – кількість додатних і від’ємних елементів матриці інцидентій системи; $q \cdot r$ – розмір матриці.

На рис. 8 наведена матриця інцидентій, а на рис. 8 приведено оргграф зв’язків фільтра.

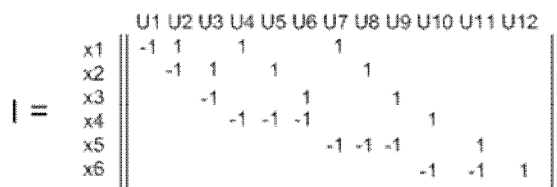


Рис. 8. Матриця інцидентій

Розрахуємо значення додаткової структурної

$$S = -22 \log_2 \frac{22}{6 \cdot 12} = 37,8.$$

Оскільки розрахована складність тільки для одної лінійки фільтра, то її треба помножити на три,

у зв’язку з тим що фільтр застосовується до входів А, В та індексу. Отже апаратна складність всього фільтра рівна 60 вентилів, а структурна відповідно 113,4. За невеликої складності і простоти фільтра досягається подолання завад на інформаційних входах декодера та уникнення втрат інкрементальної інформації.

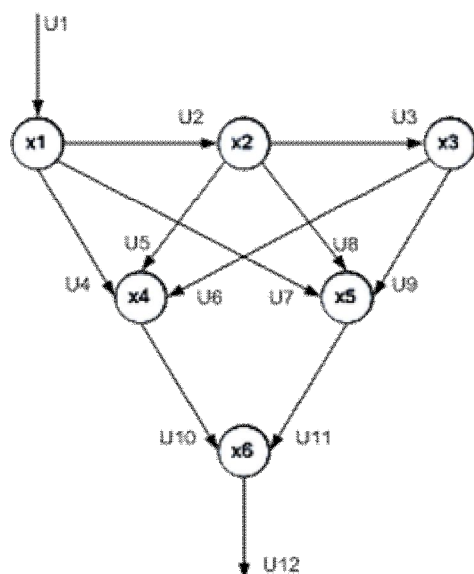


Рис. 9. Оргграф зв’язків нелінійного фільтра

Висновки

Наведено реалізацію інкрементального декодера з розміром лічильника до 32 біт та роздільною здатністю до 4x з використанням ресурсів системи на кристалі PSoC3, засобами середовища PSoC Creator. При внесенні в декодер нелінійного фільтра зростає його апаратна та структурна складності, але часова та програмна складності залишаються незмінні. За рахунок введення додаткового обладнання, вводиться додаткова структурна складність, що дозволяє позбутися завод на інформаційних входах декодера.

Література

1. *Quadrature Decoder/Counter Interface Ics, Technical Data, Agilent Technologies Inc [Electronic*

resource]. – Access mode: <http://www.semiconductor.agilent.com>. – 2.03.2012.

2. Черкаський, М.В. Універсальна SH-модель [Текст] / М.В. Черкаський, Мурад Хусейн Халіл // *Комп'ютерні системи та мережі. Вісник НУ Львівська політехніка.* – 2004. – Вип. 523. – С. 150 – 154.

3. CY8C38xxx [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.cypress.com/?id=2227>. – 2.03.2012..

4. PSoC3 [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.cypress.com/?rID=56745>. – 2.03.2012.

5. Черкаський, М.В. SH-модель алгоритму [Текст] / М.В. Черкаський // *Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології. Вісник НУ Львівська політехніка.* – 2001. – Вип. 433. – С. 127 – 134.

6. Черкаський, М. Структурна складність [Текст] / М. Черкаський // *Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології. Вісник НУ Львівська політехніка.* – 2002. – Вип. 450. – С. 121 – 126.

Надійшла до редакції 5.03.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.П. Кондратенко, Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна.

КВАДРАТУРНЫЙ ДЕКОДЕР ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ

Ю.И. Бережанский

Рассмотрено характеристики и принципы построения квадратурных декодеров, а также их недостатки. Проведено проектирование декодера с использованием среды PSoC Creator. Показано влияние помех на информационные входы декодера и введено в систему нелинейный фильтр для их преодоления. Приведен расчет сложностей нелинейного фильтра и описано его функции. Сделаны выводы о целесообразности использования нелинейного фильтра. Показано, что при внесении в декодер нелинейного фильтра растет его аппаратная и структурная сложности, но временная и программная сложности остаются неизменными.

Ключевые слова: квадратурный декодер, нелинейный фильтр, расчет сложностей.

HIGH RELIABILITY QUADRATURE DECODER

I.I. Berezhanskyi

Considered characteristics and principles of quadrature decoders design, and their shortcomings. Showed design a decoder with using PSoC Creator environment. Showed the influence of noise on information inputs of decoder and put into a system of nonlinear filter to overcome them. Made calculation difficulties of nonlinear filter and describes its function. Conclusions about the feasibility of using nonlinear filter are made. It is rotined that at bringing in the decoder of nonlinear filter grows him instrument room and structural complication, but sentinel and programmatic complication there are unchanging.

Key words: quadrature decoder, nonlinear filter, the calculation complexity.

Бережанський Юрій Іванович – аспірант кафедри СКС Національного університету “Львівська політехніка”, e-mail: proffleader@gmail.com.