

Бритов О.А.¹; Тарасенко О.Г.¹

¹Інститут прикладного системного аналізу НТУУ "КПІ", Київ, Україна

Програмований кодер циклічного коду

Пропонується опис апаратної реалізації кодера циклічних кодів, яка дозволяє динамічно змінювати параметри кода і утворюючий поліном.

Зберігання, пересилка та обробка інформації в інформаційних системах вимагають постійного контролю цілісності даних. Цей контроль найчастіше виконується за допомогою надлишкових кодів, які дозволяють виявляти та виправляти помилки. Програмне формування таких кодів вимагає досить великих витрат часу та пам'яті.

Проблема контролю цілісності інформації притаманна також вбудованим системам, які є невід'ємною частиною сучасних виробів різноманітного призначення. Зазвичай вбудовані системи є системами жорсткого реального часу, які повинні реагувати на зовнішні події з мінімальною затримкою. Сучасні вбудовані системи виконуються у вигляді систем на кристалі. Ці системи включають як програмовані, та і апаратно реалізовані блоки, які виконують функції, необхідні для реалізації поведінки системи, заданої технічним завданням.

Виходячи з вимоги роботи кодера в реальному часі, кодування та декодування даних бажано реалізовувати апаратно, у вигляді спеціалізованого блоку. На практиці для контролю рівня помилок часто використовують циклічні коди [1, 2]. Апаратна реалізація кодерів циклічних кодів виявляється дуже компактною і ефективною.

Можливі два варіанти формування циклічного коду [1]. Перший полягає в обчисленні добутку інформаційного поліному на утворюючий поліном. Другий - в формуванні кодової комбінації у вигляді конкатенації інформаційної частини коду і залишку від ділення інформаційної частини, помноженої на 2^r , на утворюючий поліном. У другому варіанті інформаційні і контрольні біти коду розділені, завдяки чому інформаційна частина коду залишається незмінною. В термінах поліномів з двійковими коефіцієнтами поліном кодової комбінації утворюється згідно з рівнянням:

$$C(x) = U(x)x^r + R(x) \quad (1)$$

де $C(x)$ - поліном отриманої кодової комбінації, $U(x)$ - поліном інформаційної комбінації, $R(x)$ - залишок від ділення, r - ступінь утворюючого полінома.

Цей варіант циклічного коду на практиці використовується частіше саме завдяки тому, що інформаційні біти залишаються незмінними.

Виявлення і виправлення помилок за допомогою циклічних кодів також оснований на обчисленні залишку від ділення кодової комбінації на утворюючий поліном.

Таким чином, операція обчислення залишку від ділення є основною при кодуванні та декодуванні циклічних кодів. Від її реалізації залежить швидкість роботи як кодера, так і декодера.

Ефективним пристроєм, який реалізує обчислення залишку від ділення, є регістр зсуву із зворотними зв'язками. Структура зворотних зв'язків визначається коефіцієнтами утворюючого полінома (0 - зв'язку немає, 1 - є). При розробці апаратного кодера поставлена задача побудувати його таким чином, щоб можна було змінювати параметри кода і утворюючий поліном в процесі роботи, не вносячи змін в схему пристрою.

Для розв'язання цієї задачі запропоновано побудувати регістр зсуву, який складається з комірок, схема яких наведена на Рис.1.

Як видно зі схеми, комірка складається з однобітового суматора по модулю 2 Σ_2 , тригера ДТ та логічного вентиля І.

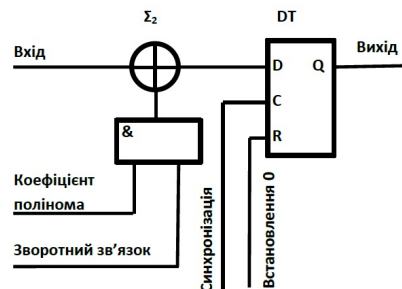


Рис. 1. Комірка регістра зсуву

Регістр зсуву реалізується послідовним з'єднанням однакових комірок. Вихід регістра зсуву подається на входи зворотного зв'язку комірок. Коефіцієнти полінома подаються на входи комірок з окремого регістра, в який вони мають бути записані до початку кодування. В тих комірках, які відповідають нульовим коефіцієнтам полінома, виходом логічного вентиля є 0, і зворотний зв'язок відсутній. Відповідно, в комірках, які відповідають коефіцієнтам, що дорівнюють 1, сигнал зворотного зв'язку подається на суматор.

Таким чином забезпечується можливість при потребі змінювати поліном, не змінюючи схему приладу. Зміна полінома і параметрів коду відбувається шляхом запису довжини кодової комбінації, порядку полінома та його коефіцієнтів в спеціально призначені для цього регістри.

Довжина кодової комбінації і порядок поліному записуються в регістр управління. В цьому ж регістрі знаходиться біт, який вказує на операцію, яка має бути виконана: кодвання чи декодування, а також біт запуску. Порядок поліному записується в регістр поліному.

Інформаційна частина кодової комбінації записується в регістр даних, доступний для читання та запису.

В регістрі стану формуються прапорці, які вказують на результат виконання операції. Зокрема, є біт готовності результату та біти помилок, які виявлені в процесі обробки даних.

Опис модуля розроблений на мові опису апаратури Verilog з використанням синтезованої підмножини мови. Завдяки цьому цей опис може бути використаний для апаратної реалізації в проектах систем на кристалі без доопрацювання. Модулі пристрою параметризовані в максимально можливі ступені для розширення області можливих застосувань. Для параметризованої реалізації регістра зсуву на основі наведених вище комірок використаний опис на рівні вентилів у вигляді блока generate.

Тестування виконувалось за допомогою тестового модуля (testbench) в середовищі симулятора ModelSim. Результат тестування у вигляді часової діаграми наведений на Рис.2.

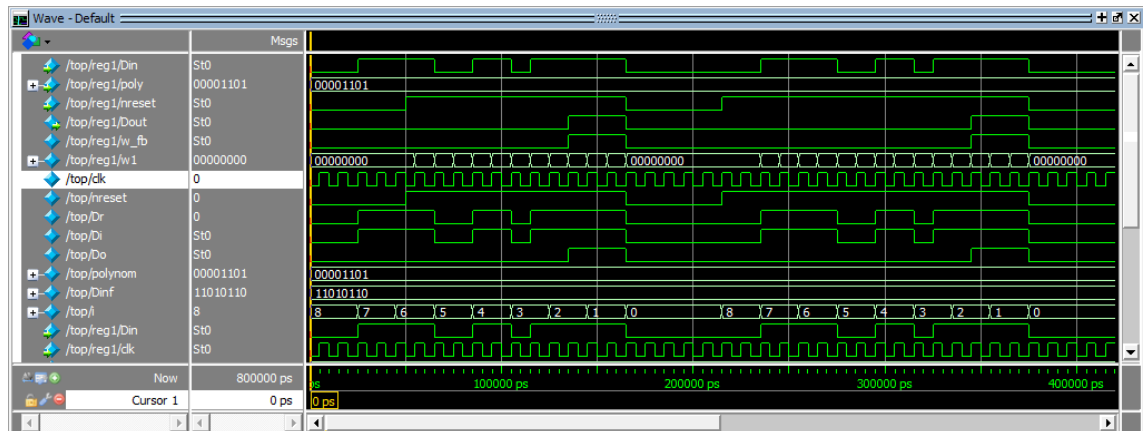


Рис. 2. Часові діаграми роботи кодера

На основі протестованого модуля розроблено і протестовано опис модуля кодера для роботи в складі системи на кристалі, побудованої на шині AMBA.

Пропонована схема придатна для реалізації кодеків циклічних кодів у вигляді автономних пристроїв або у вигляді ядер у складі систем на кристалі. При цьому конкретні параметри кода та вигляд утворюючого поліному задаються динамічно, в процесі роботи і можуть бути легко змінені в залежності від потреби.

- Література.** 1. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации.-М:Высшая школа, 1989.-320с.
2. Жураковский Ю.П., Полтораков В.П. Теория информации та кодування: Підручник.-К:Вища школа, 2001.-255с.