

РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ГЕНЕРАТОРА ТЕСТ-ВЕКТОРІВ З ОБ'ЄКТОМ ДІАГНОСТУВАННЯ

У статті розглянуто застосування структурно-логічних моделей об'єктів діагностування для опису способів з'єднання і взаємодії їх з генераторами тест-векторів системи діагностування. Наведено приклади розрахунку необхідної кількості каналів генератора тест-векторів для контролю й діагностування інтегральних схем та цифрових блоків, що побудовані на їх основі.

Ключові слова: система діагностування, об'єкт діагностування, генератори тест-векторів.

В статье рассмотрены применение структурно-логических моделей объектов диагностирования для описания способов соединения и взаимодействия их с генераторами тест-векторов системы диагностирования. Приведены примеры расчета необходимого количества каналов генератора тест-векторов для контроля и диагностирование интегральных схем и цифровых блоков построенных на их основе.

Ключевые слова: система диагностирования, объект диагностирования, генератор тест-векторов.

In the article the application of structural-logical models of objects of diagnosing is considered for description of methods of connection and co-operation them with the generators of test-vectors of the system of diagnosing. The examples of calculation of necessary channels amount of test-vectors generator for control and the integrated circuits and digital blocks diagnosing are resulted built on their basis.

Keywords: test system, unit under test, test-vectors generator.

Вступ. Одним із найважливіших завдань при виробництві й експлуатації цифрових пристроїв є забезпечення їхньої працездатності. Пристрій після його виготовлення й у процесі експлуатації повинне бути справним. Визначення працездатності пристрою вирішується в процесі контролю й діагностування. Об'єктами діагностування (ОД) можуть бути як окремі компоненти, так і цифровий пристрій у цілому [1].

Під цифровим пристроєм (ЦП) будемо розуміти змонтовані на друкованих підкладках (платах) пристрої з елементами цифрових ВІС і ЗВІС. До ЦП у будемо відносити мікропроцесорні пристрої, виконані на базових мікропроцесорних комплектах та мікроконтролери.

Ефективність підготовки й організація процесу діагностування залежить від способу опису ЦП. Вихідна інформація, звичайно, знаходиться в принципових електричних схемах. Однак такі схеми не можуть безпосередньо сприйматися ЕОМ. Для автоматизації операції діагнозу необхідно формалізувати опис об'єкта контролю.

З аналізу ВІС, ЗВІС та цифрових пристроїв побудованих на їхній основі, видно, що вони як об'єкти діагностування досить складні, тому вони описуються різним ступенем деталізації. Використовуються наступні рівні деталізації: рівень характеристик контрольованого ЦП; функціональних вузлів; компонентів; топології з'єднання. Кожний рівень описується своєю математичною моделлю.

Моделі об'єктів діагностування. Для опису характеристик цифрових пристроїв використовуються функціонально-логічні й структурно-логічні моделі. Функціонально-логічні моделі засновані на застосуванні апарата алгебри логіки й установлюють функціональні залежності між вхідними (тестовими) впливами й вихідними сигналами.

Для визначення працездатності ЦП часто недостатньо опису функцій, що виконуються цим пристроєм. Багато сучасних ВІС і ЗВІС, наприклад, мікропроцесори, мікроконтролери, елементи пам'яті, різні шинні формувачі, мають двонаправлені виводи, які можуть перебувати в третьому "високоімпедансному" стані. Для опису закону функціонування таких

компонентів, способів їхнього з'єднання й взаємодії використовуються структурно-логічні моделі. Для побудови структурно-логічної моделі, звичайно, використовується логічна мережа або логічна схема.

Розглянемо застосування структурно-логічних моделей ОД для опису способів з'єднання й взаємодії генераторів тест-векторів (ГТВ). При розробці ГТВ одним із головних завдань є синхронізація їхньої роботи з ОД. Для визначення частоти видачі тест-последовностей на ОД і прийому від нього відповідних реакцій представимо його загальною структурною схемою, показаної на рисунку 1.

Формування частоти подачі тест - векторів впливів на ОД безпосередньо пов'язане з поширенням сигналу в i -ому, $i=$, однонаправленому, або в j -ому, $j=$, двонаправленному каналах ОД.

Поширення сигналів у зазначених каналах припустимо характеризувати екстремальними значеннями часу затримки сигналу для кожного досліджуваного компонента ОД в i -ому або j -ому каналі .

Ці екстремальні значення можливо визначити зі статичної обробки емпіричних даних безпосередніх вимірів часу проходження сигналу по i -ому або j -ому каналі ОД для різних конфігурацій ОД .

Моделювання затримок по заданому компоненті ОД здійснюється комбінаторними методами шляхом штучного виключення досліджуємого компонента програмними засобами.

Перевагою пропонованої методики в порівнянні з іншими способами визначення параметра t є те, що вона дозволяє з меншими витратами набрати необхідний обсяг статистичного матеріалу на мінімальному числі ОД. Практично для багатокомпонентного ОД (із числом компонентів $k \geq 20$) всю необхідну статистику можна набрати на досить обмеженому числі ОД. Це значно зменшує вплив погрешностей, що обумовлені технологічною неадекватністю ОД одного типу.

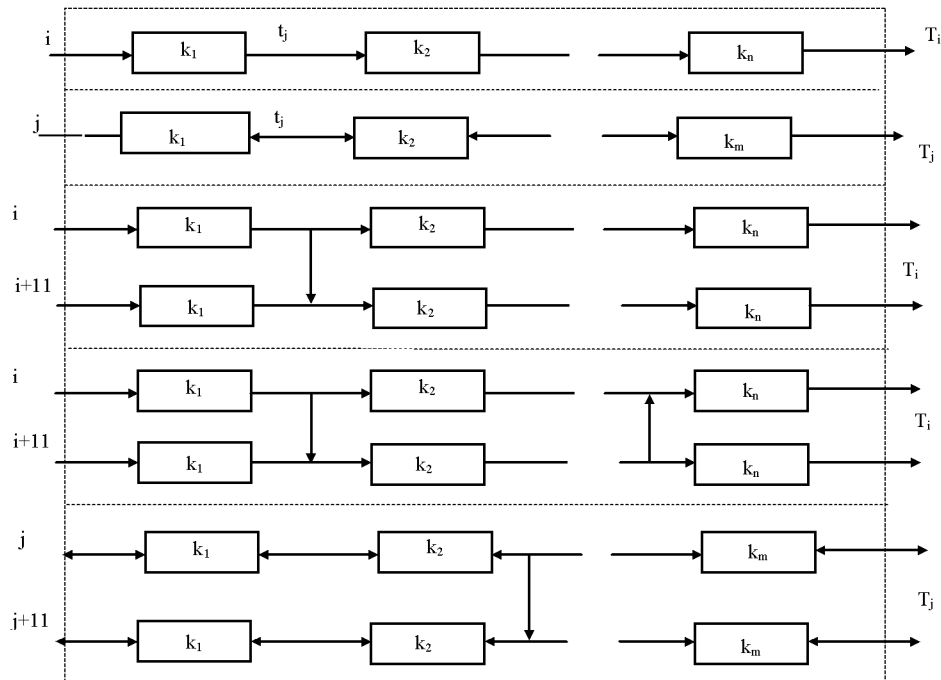


Рис. 1. Загальна структура об'єкта діагностування

На рисунку позначено: T_i - час затримки поширення сигналу в i -му однонаправленому каналі; T_k - час затримки поширення сигналу в k -му двонаправленому каналі; t_j - час затримки поширення сигналу в j -му компоненті; K - компонента.

Визначення кількості каналів генератора тест-векторів. При розробці систем

діагностування (СД) важливим є завдання визначення оптимальної кількості каналів зв'язку з об'єктом діагностування (ОД). Визначення оптимальної кількості каналів пов'язане з рішенням наступних проблем:

1. Мала кількість каналів зв'язку з ОД не дає можливості провести його контроль і діагностування в повному обсязі.

2. Велика кількість каналів зв'язку з ОД приводить до апаратної надмірності, що спричиняє складність побудови СД, збільшене енергоспоживання, більші габарити, а відповідно, і низьку ефективність таких систем.

Аналіз відомих СД показує, що багато з них розроблялись без обліку особливостей об'єктів діагностування.

У наш час питання побудови АСД із певною кількістю каналів зв'язку з ОД вирішуються двома способами, кожний з яких має свої переваги й недоліки [1].

При першому способі кількість вихідних каналів визначається особливостями схемотехнічних рішень самої СД.

При іншому способі кількість каналів зв'язку з ОД визначається залежно від кількості контактів вихідних рознімачів об'єкта діагностування.

Для визначення оптимальної кількості каналів зв'язку СД із ОД пропонується спосіб, що враховує конструктивні можливості СД і особливості об'єкта діагностування.

Основу автоматизованих систем комбінованого діагностування становлять блоки генераторів тест-векторів (ГТВ).

ГТВ безпосередньо або через вузли сполучення підключаються до об'єкта діагностування, тому структура й параметри таких систем багато в чому залежать від структури й параметрів ГТВ.

До основних параметрів ГТВ у схемотехнічному аспекті відносяться:

- кількість каналів зв'язку з ОД;

- обсяг буферної пам'яті;

- швидкість (частота) подачі тест-векторів на ОД і знімання відповідних реакцій із нього.

Для розрахунку кількості каналів зв'язків з ОД необхідно знати або призначення виводів (при контролі й діагностуванні ВІС, ЗВІС), або схему електричну принципову (при контролі й діагностуванні цифрового пристрою). У випадку, коли за допомогою АСД проводиться контроль за принципом "придатний - непридатний", кількість каналів можна розрахувати, якщо відомо кількість вхідних і вихідних ліній цифрового пристрою.

Розрахунок необхідної кількості каналів ГТВ для контролю й діагностування ВІС або ЗВІС розглянемо на прикладі ОМК К1816ВЕ51. Розрахунок виконаємо в наступному порядку:

1. Проаналізувати схему електричну принципову ОМК К1816ВЕ51.

2. Скласти таблицю сигналів (приклад таблиця (1)).

3. Підрахувати кількість вхідних ліній k .

4. Визначити l ліній передачі сигналів рівнем "0" і "1".

5. Визначити $k-l$ ліній передачі імпульсних сигналів.

6. Підрахувати кількість вихідних ліній m .

7. Підрахувати кількість двонаправлених ліній n .

8. Розрахувати кількість каналів N за формулою:

$$N = k + m + n. \quad (1)$$

З таблиці 1 слідує, що для тестування ОМК К1816ВЕ51 необхідний пристрій діагностування, що може подавати тестові послідовності по $k = 5$ каналам. Причому вхідний сигнал АЛЕ повинен бути сформований із заданою довжиною й затримкою [2].

Пристрій діагностування також повинне мати $m = 1$ канал, по яких будуть прийматися відповідні реакції. При діагностуванні ОМК К1816ВЕ51 необхідно врахувати, що в нього є 32 двонаправлених ліній. Тому в системі діагностування повинне бути передбачене ще $n = 32$

канали, які могли б змінювати напрямок передачі тестової інформації в кожному такті синхронізатора.

Таблиця 1

Перелік сигналів ОМК K1816BE51

	Вхідні сигнали	Строб	Вихідні сигнали	Двонаправлені сигнали
	RST	ALE	RSEN	P0.0-P0.7
	EA			P1.0-P1.7
	X1			P2.0-P2.7
	X2			P3.0-P3.7
Усього	4	1	1	32

Т.ч., для тестування ОМК K1816BE51 системі діагностування, необхідний генератор тест-векторів, що мав би, як мінімум, $N = k+m+n = 38$ каналів. З них 6 однонаправлених і 32 двонаправлених. По одному каналу необхідно подаватися імпульсний сигнал ALE, сформований по заданій довжині й затримці. Подача тестових послідовностей і прийом відповідних реакцій повинні здійснюватися на робочих частотах.

При розрахунку необхідної кількості каналів СД для визначення працездатності цифрового пристрою в цілому, не завжди заздалегідь відома схема електрична принципова, по якій можна було б підрахувати кількість каналів зв'язку за запропонованою методикою. У цьому випадку доцільно застосувати інший підхід.

Припустимо, що необхідно пристрій діагностування цифрових блоків персональних комп'ютерів IBM PC/AT. В основному всі ці блоки в комп'ютері підключаються через системну шину. Залежно від моделі комп'ютера, для зв'язку між усіма його пристроями, застосовуються стандартні шини типу ISA, EISA, VLB, PCI. Між собою шини відрізняються кількістю виводів, швидкістю передачі сигналів і деяких сигналів.

Розрахунок необхідної кількості каналів ГТВ автоматизованої системи діагностування, для контролю цифрових блоків, розглянемо на прикладі персонального комп'ютера. Розрахунок виконаємо в наступному порядку:

1. Уточнити тип персонального комп'ютера.
2. Визначити тип системної шини (для даного приклада це PCI).
3. Скласти таблицю сигналів системної шини (приклад таблиця (2)).
4. Підрахувати кількість вхідних ліній q .
5. Визначити r ліній передачі сигналів рівнем " 0 " і " 1 ".
6. Визначити $q-r$ ліній передачі імпульсних сигналів.
7. Підрахувати кількість вихідних ліній s .
8. Підрахувати кількість двонаправлених ліній u .
9. Розрахувати необхідну кількість каналів X за формулою:

$$X = q + s + u. \quad (2)$$

Сигнали шини PCI [3].

Знак - (мінус) перед назвою сигналу означає, що активний рівень цього сигналу логічний нуль, позначення {XX:0} означає групу сигналів із номерами від 0 до XX.

AD{31:0} - мультиплексована шина адреси/даних. Адреса передається по сигналу - FRAME, у наступних тактах передаються дані.

- C/ BE{3:0} - команда/дозвіл звертання до байтів. Команда, що визначає тип чергового циклу шини (читання-запис пам'яті, введення/виведення або читання/запис конфігурації, підтвердження переривання й інші) задається чотирьохбітним кодом у фазі адреси по сигналу - FRAME.

- FRAME - індикатор фази адреси (інакше - передача даних).

- DEVSEL - вибір ініціатором пристрою призначення.
- IRDY - готовність ініціатора до обміну даними.
-TRDY - готовність пристрою призначення до обміну даними.
-STOP - запит пристрою призначення до ініціатора на зупинку поточної транзакції.
-LOCK - використовується для установки, обслуговування й звільнення захвата ресурсу на PCI.

-REQ {3:0} - запит від PCI-пристрою на захвата шини (для слотів 3:0).

-GNT {3 0} - дозвіл майстрові на використання шини.

PAR - загальний біт парності для ліній AD{31:0} і C/BE{3:0}.

-ParityER - сигнал про помилку по парності (від пристрою, що її виявив).

-RST - скидання всіх пристроїв.

IDSEL - вибір пристрою призначення в циклах зчитування й запису конфігурації.

-SERR - системна помилка, активізується будь-яким пристроєм PCI і викликає немаскуєме переривання процесора (NMI).

-REQ64 - запит на 64-бітний обмін.

-ASK64 - підтвердження 64-бітного обміну.

-INTR A,B,C,D - лінії запитів переривання, направляються на доступні лінії IRQ BIOS комп'ютера. Запит по низькому рівні допускає поділюване використання ліній переривання.

Clock - сигнал синхронізації на тактовій частоті шини.

Test Clock, -TSTRES, TestDO, TestDI - сигнали для тестування адаптерів по інтерфейсі JTAG (на системній платі звичайно не задіяні).

TSTMSLCT - переклад у режим тестування.

З аналізу сигналів шини PCI зрозуміло, що шина ISA має $q=63$ вхідних ліній, $s=9$ вихідних ліній і $u = 16$ двонаправлених ліній. Тому, при розробці генератора тест-векторів для системи діагностування цифрових блоків персонального комп'ютера типу IBM, необхідний генератор тест-векторів на $X = 88$ каналів. Причому, по 7 вхідних лініях повинні подаватися сигнали, сформовані із заданою тривалістю й затримкою відносно початку такту. Необхідно врахувати також те, що шина PCI має 16 двонаправлених ліній, по яких може мінятися напрямок передачі інформації. Тому в ГТВ винна бути передбачена можливість по 16 каналам змінювати напрямок передачі інформації в кожному такті синхронізатора.

Висновки. В основу розробки методики визначення оптимальної кількості каналів генератора тестових сигналів, які подаються на різні системні шини була покладена структурно-логічна модель ОД. Оптимальне число каналів генератора визначається з виведених граничних рівностей, що включають у собі безлічі однонаправлених і двонаправлених шин адреси, даних і керування ОД.

Запропонований спосіб визначення оптимальної кількості каналів зв'язку з ОД дозволяє будувати автоматизовані системи діагностування для конкретних типів об'єктів діагностування з урахуванням їхніх особливостей і з мінімальними апаратурними й вартісними витратами.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Локазюк В.М., Поморова О.В., Домінов А.О. Интеллектуальное диагностирование микропроцессорных устройств та систем: Навч. посібник для вузів. – 2001. – 286с
2. Голубцов М.С., Кириченко А.В. Микроконтроллеры AVR – от простого к сложному / Изд. 2, испр. и перераб. – М.: СОЛОН-Пресс, 2006. 304 с.
3. <http://vrtp.ru/index.php?act=categories&CODE=article&article=1275>

Рецензент: д.т.н., проф. Шинкарук О.М.