

ТЕСТВАНЕ И ДИАГНОСТИКА

Упражнение 2

Измерване на тествабилността на комбинационни схеми

Основни понятия

Контролируемост на цифрова схема представлява количествена оценка на трудността даден сигнал да се установи в 0 или 1.

Наблюдаемост на цифрова схема представлява количествена оценка на трудността да се наблюдава състоянието на даден логически сигнал.

Първични входове (PI) – входовете, които са изведени на корпуса на дадена схема.

Първични изходи (PO) - изходите, които са изведени на корпуса на дадена схема.

Измерване на контролируемост и наблюдаемост според алгоритъма на Голдщайн

Контролируемостта и наблюдаемостта се измерват със стойности от 0 до 1: 0 – невъзможност за установяване или наблюдаване на даден сигнал в определено състояние; 1- безпроблемност при установяване или наблюдаване на даден сигнал в определено състояние.

За всеки сигнал (s) се правят 6 оценки:

- комбинационна контролируемост спрямо 0 – $CC0(s)$;
- комбинационна контролируемост спрямо 1 – $CC1(s)$;
- комбинационна наблюдаемост – $CO(s)$;
- последователна контролируемост спрямо 0 – $SC0(s)$;
- последователна контролируемост спрямо 1 – $SC1(s)$;
- последователна наблюдаемост – $SO(s)$;

Контролируемостта на даден първичен вход е 1 - $CC0(PI)=1$; $CC1(PI)=1$.

Наблюдаемостта на даден първичен изход е 1 - $CO(PO)=0$.

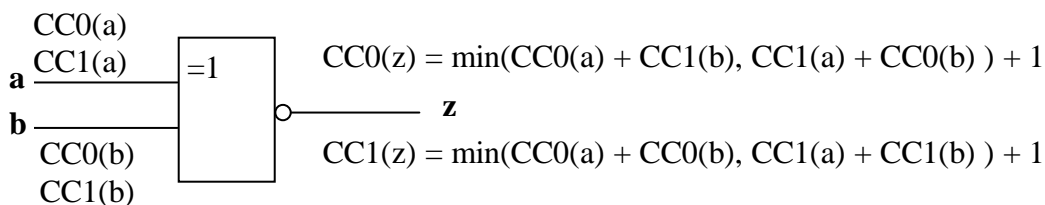
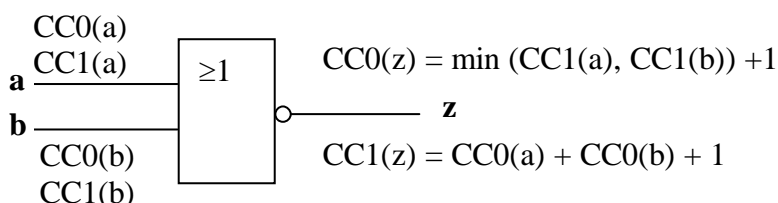
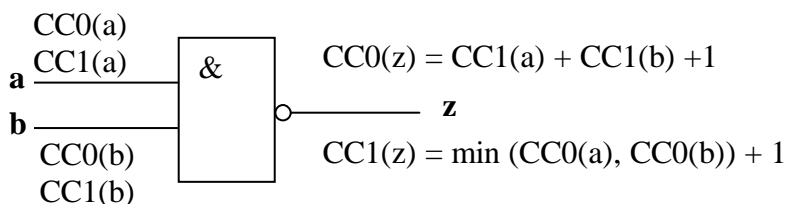
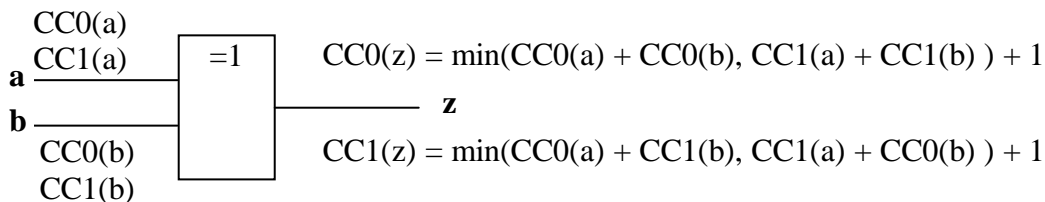
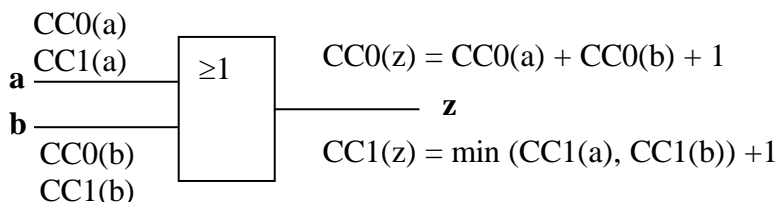
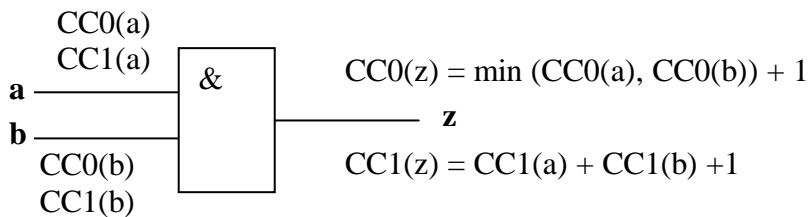
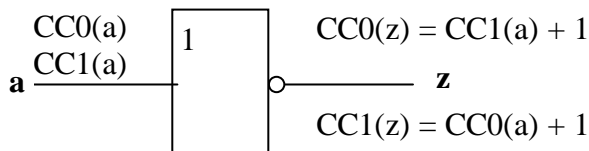
За всеки логически елемент се определят наблюдаемост и контролируемост на сигналите. Ако състоянието на изхода може да се определи еднозначно от състоянието на един от входовете, то изходната комбинационна контролируемост се определя по формулата:

$$\text{изходна_контролируемост} = \min(\text{входни_контролируемости}) + 1 .$$

Ако състоянието на изхода се определя от състоянието на всички входовете, то изходната комбинационна контролируемост се определя по формулата:

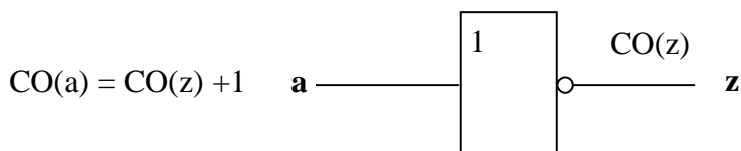
$$\text{изходна_контролируемост} = \sum(\text{входни_контролируемости}) + 1 .$$

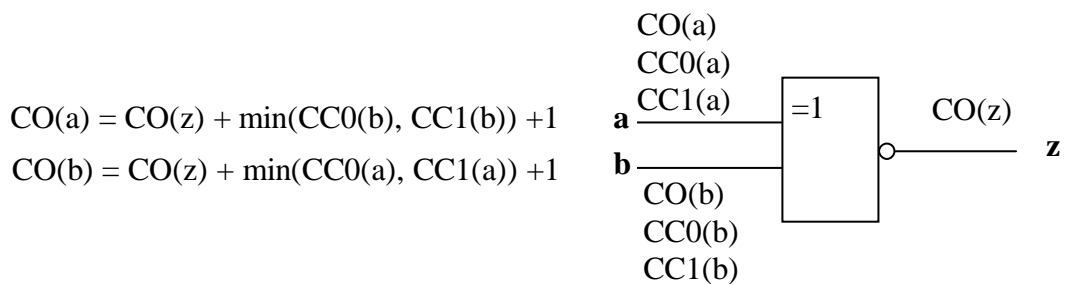
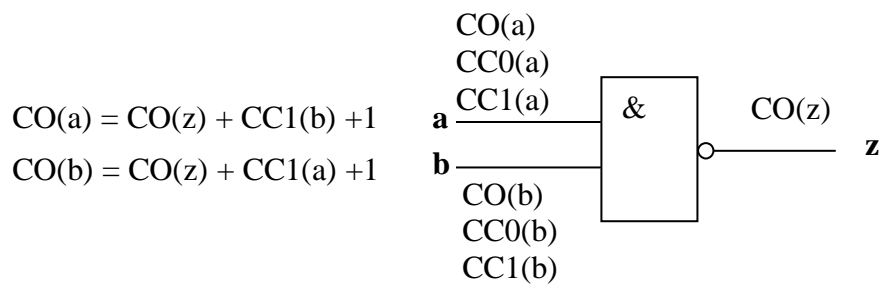
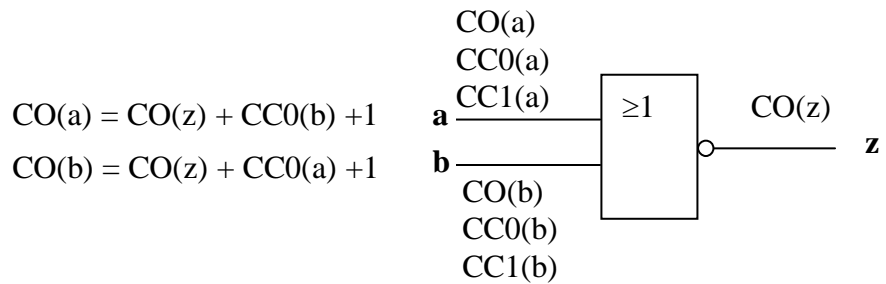
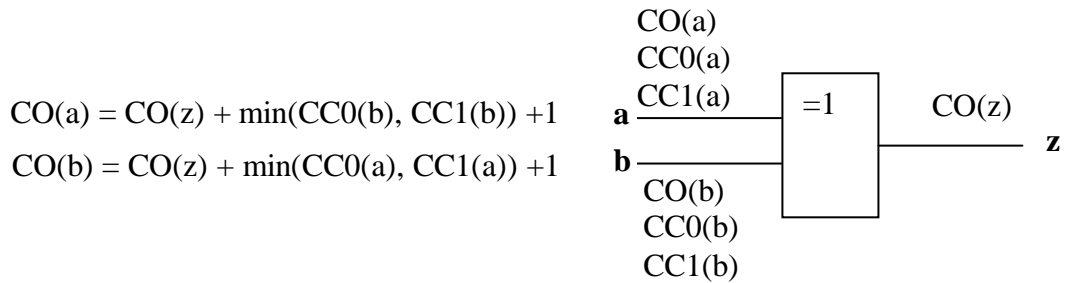
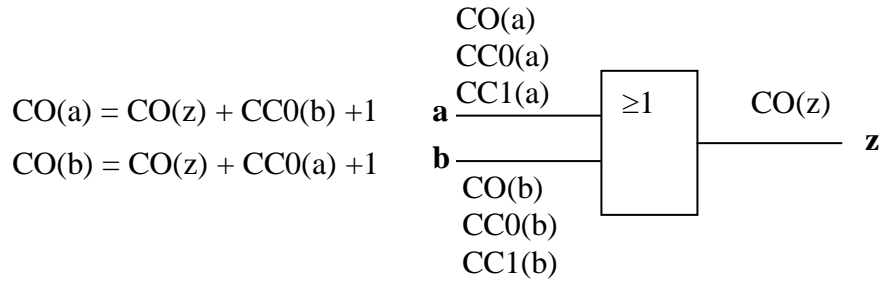
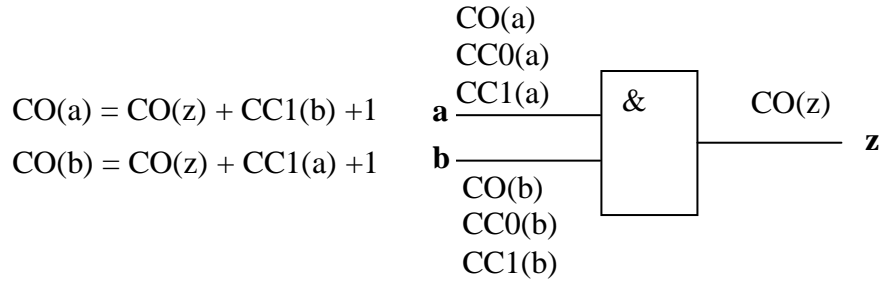
Комбинационна контролируемост на изходите за основните логически елементи:



Ако в схемата има разклонения, то всички клонове имат еднакво ниво на контролируемост.

Комбинационна наблюдаемост на входовете за основните логически елементи:



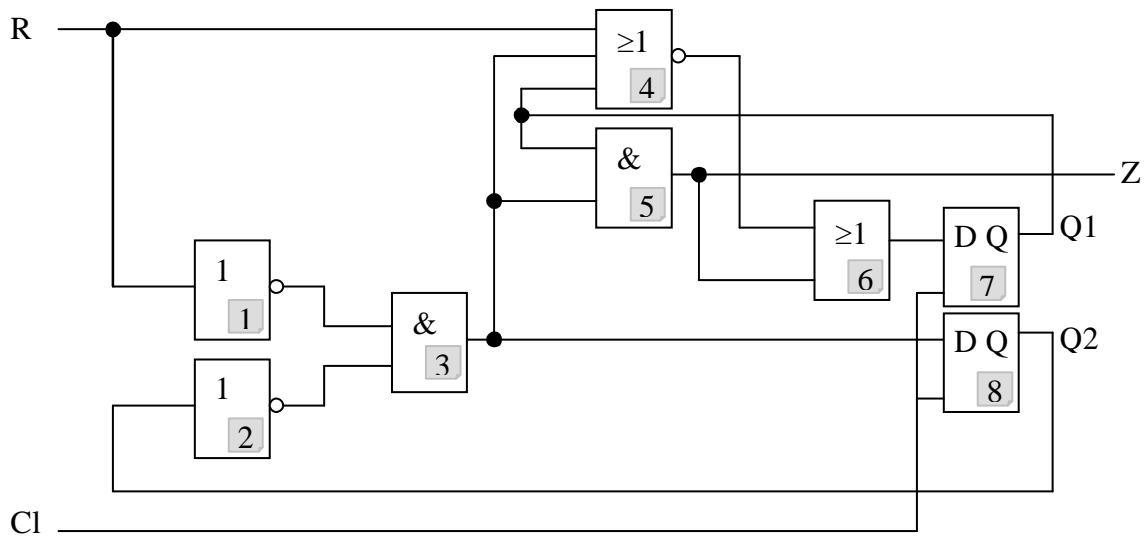


$$CO(a) = \min(CO(z1), CO(z2), \dots, CO(zn)) \quad a$$



Пример 1

Определете тестабилността на схемата от фиг.1.



фиг.1

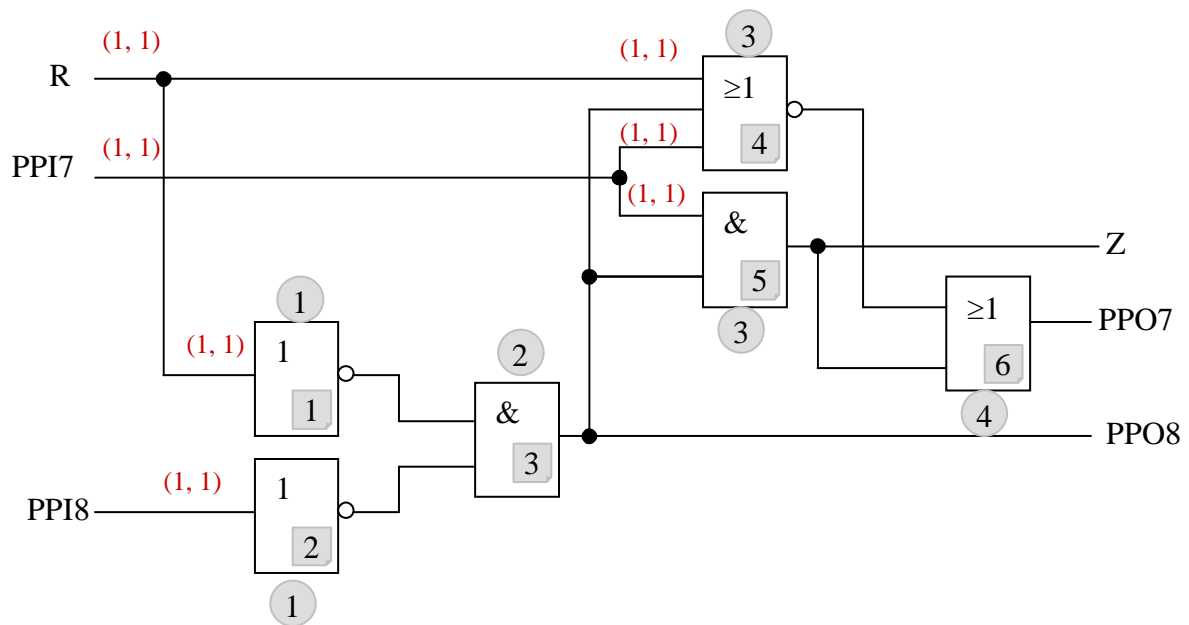
Стъпка 1: Привеждане на последователната схема в комбинационна.

Развързваме схемата в местата на D-тригерите. Получава се схема с 4 нива и се добавят два псевдо-първични изхода (PPO7 и PPO8) и два псевдо-първични входа (PPI7 и PPI8) (фиг.2а).

Стъпка 2: Определяне на контролируемостта на сигналите.

Определяме контролируемостта на сигналите като обхождаме стъпалата започвайки от входа към изхода. Контролируемостта на първичните и псевдо-първични входовете и както по отношение на 0 така и по отношение на 1 е 1. Затова записваме навсякъде двойките (1,1) (фиг.2а).

$CC0(R)=1$
 $CC1(R)=1$
 $CC0(PPI7)=1$
 $CC1(PPI7)=1$
 $CC0(PPI8)=1$
 $CC1(PPI8)=1$



фиг.2а

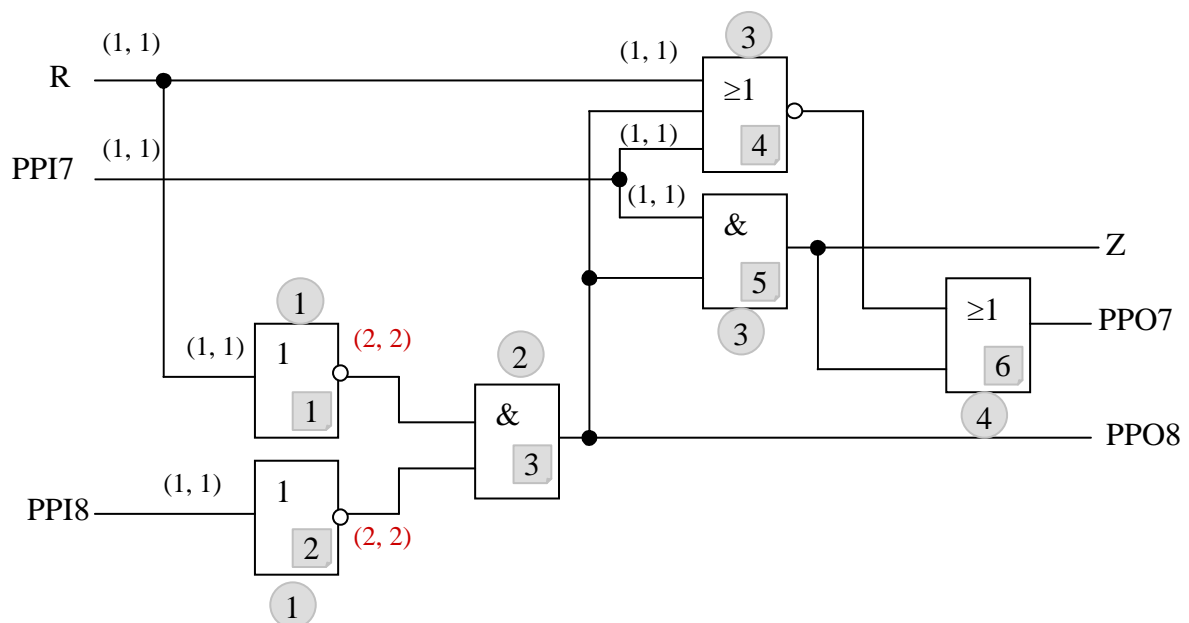
Разклоненията на R и на PPI7 получават същите стойности за контролируемостта. За изходите на елементи 1 и 2 изчисляваме (фиг.2b):

$$CC0(1) = CC1(R) + 1 = 1 + 1 = 2$$

$$CC1(1) = CC0(R) + 1 = 1 + 1 = 2$$

$$CC0(2) = CC1(PPI8) + 1 = 1 + 1 = 2$$

$$CC1(2) = CC0(PPI8) + 1 = 1 + 1 = 2$$

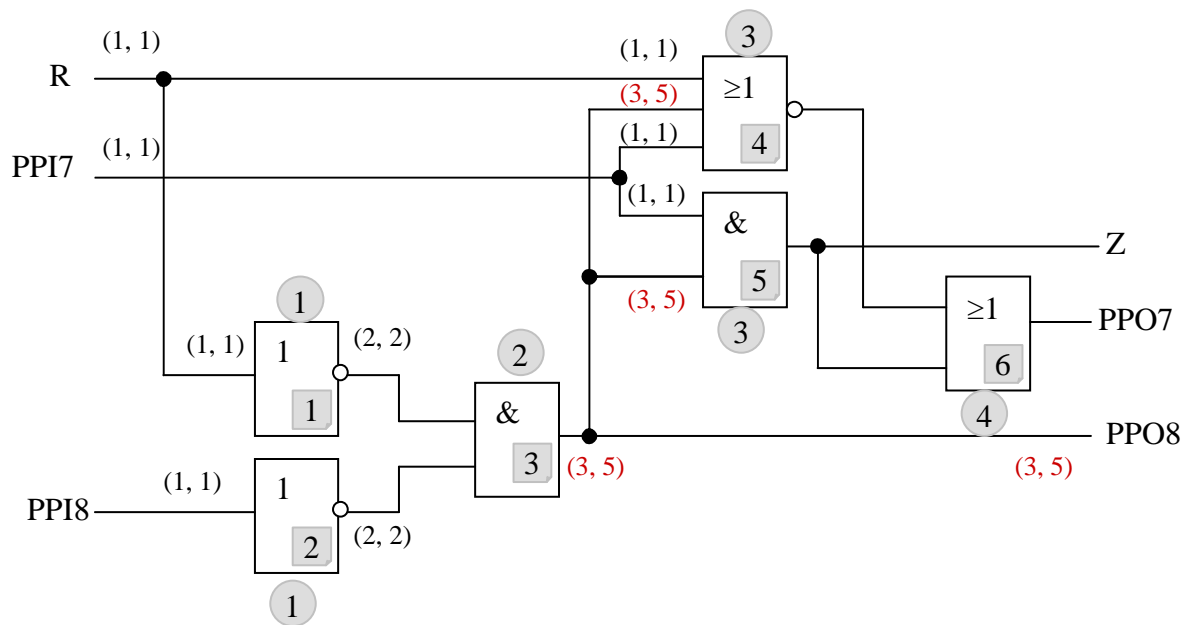


фиг.2b

За изхода на елемент 3 (AND) изчисляваме (фиг.2c):

$$CC0(1) = \min(CC0(1), CC0(2)) + 1 = \min(2, 2) + 1 = 2 + 1 = 3$$

$$CC1(1) = CC1(1) + CC1(2) + 1 = 2 + 2 + 1 = 5$$



фиг.2с

Аналогично за изхода на елемент 4 изчисляваме (фиг.2d):

$$CC0(1) = \min(CC1(R), CC1(3), CC0(PPI7)) + 1 = \min(1, 5, 1) + 1 = 1 + 1 = 2$$

$$CC1(1) = CC1(R) + CC1(3) + CC1(PPI7) + 1 = 1 + 3 + 1 + 1 = 6$$

За изхода на елемент 5 изчисляваме (фиг.2d):

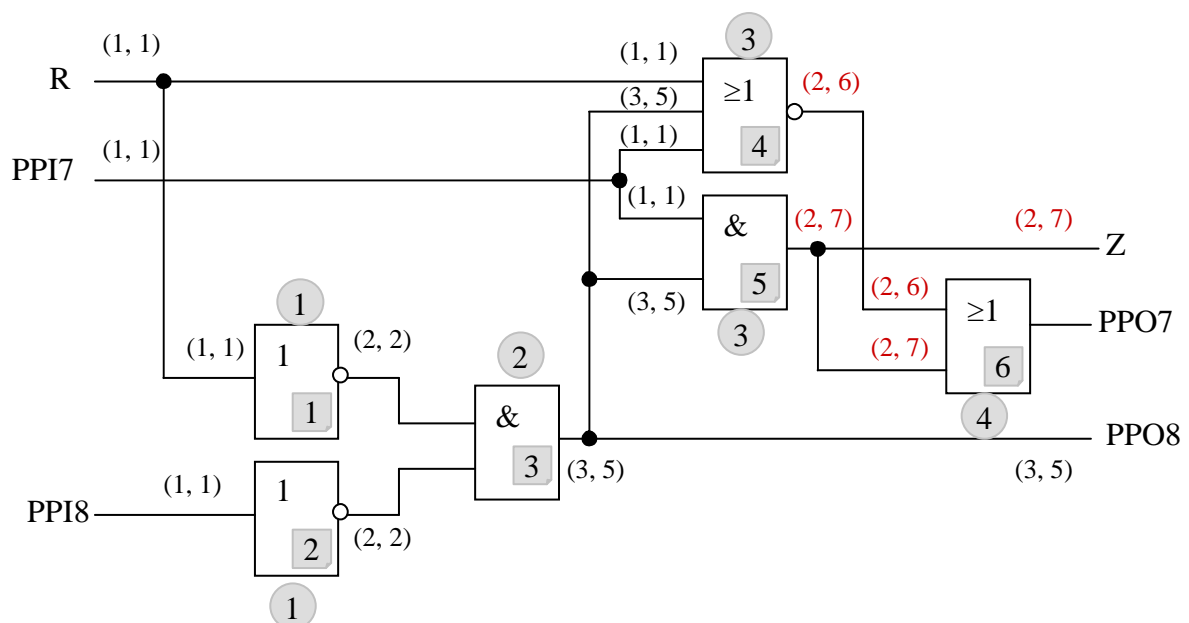
$$CC0(5) = \min(CC0(PPI7), CC0(3)) + 1 = \min(1, 3) + 1 = 1 + 1 = 2$$

$$CC1(5) = CC1(PPI7) + CC1(3) + 1 = 1 + 5 + 1 = 7$$

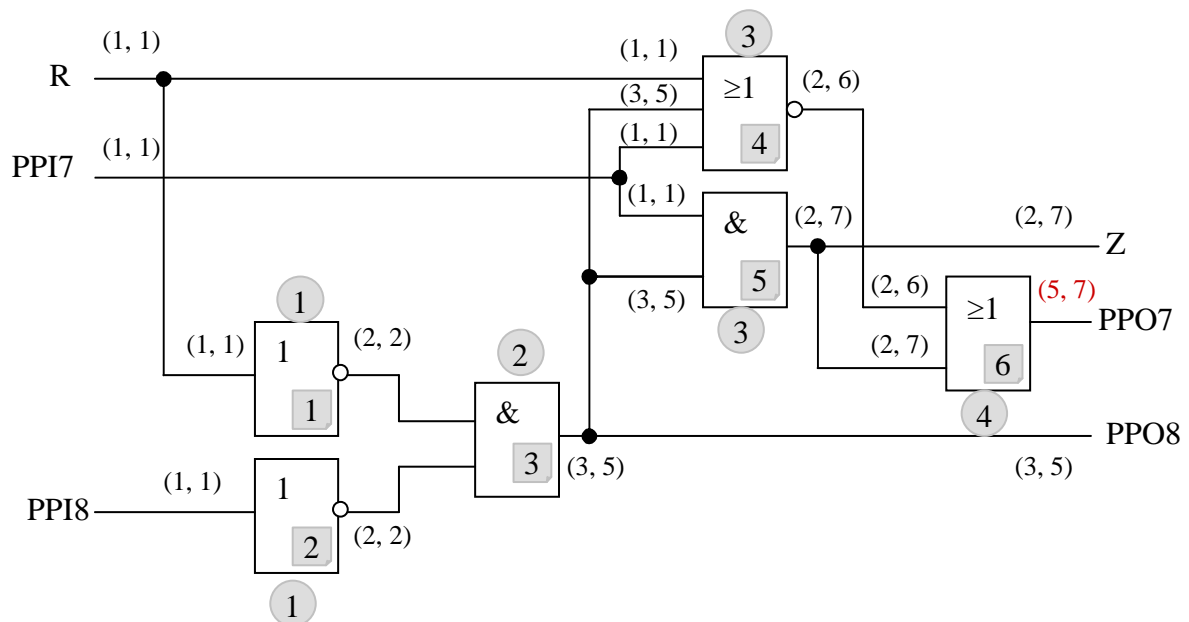
За изхода на елемент 6 изчислявам (фиг.2e):

$$CC0(6) = CC0(4) + CC1(5) + 1 = 2 + 2 + 1 = 5$$

$$CC1(6) = \min(CC1(4), CC1(5)) + 1 = \min(6, 7) + 1 = 6 + 1 = 7$$



фиг.2d



фиг.2е

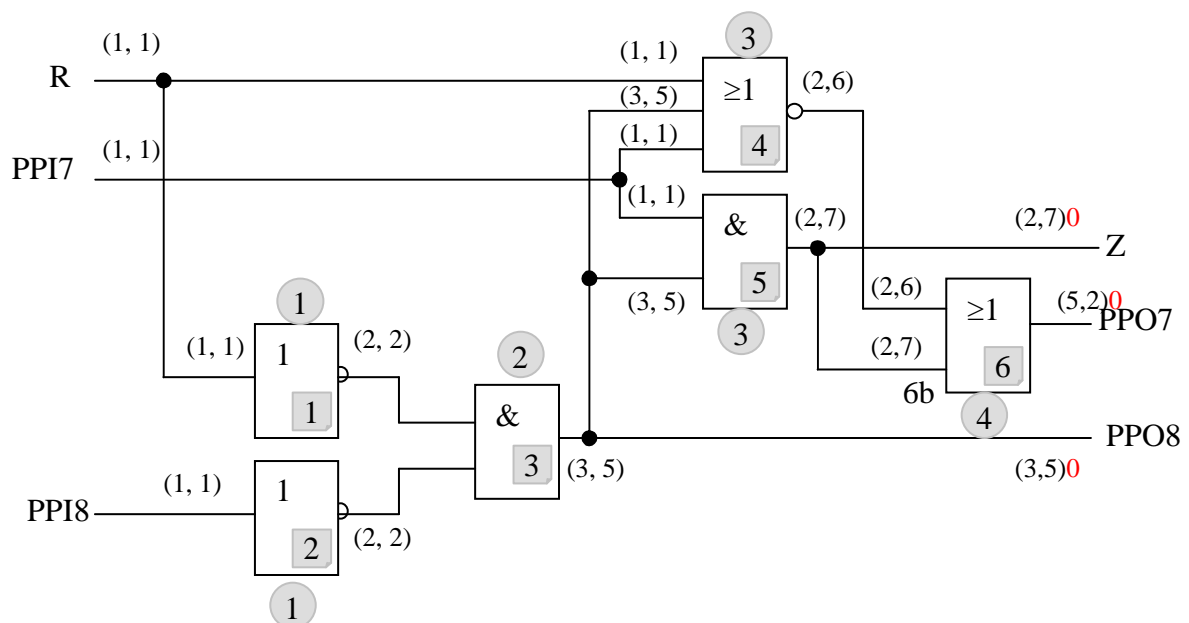
Стъпка 3: Определяне на наблюдаемостта на сигналите.

Определяме наблюдаемостта на сигналите като обхождаме стъпалата започвайки от изхода към входа. Наблюдаемостта на първичните и псевдо-първични изходи е 0. Записваме я непосредствено след двойките, показващи контролируемостта на сигналите (фиг.2f).

$$CO(Z)=0$$

$$CO(PPI7)=0$$

$$CO(PPI8)=0$$

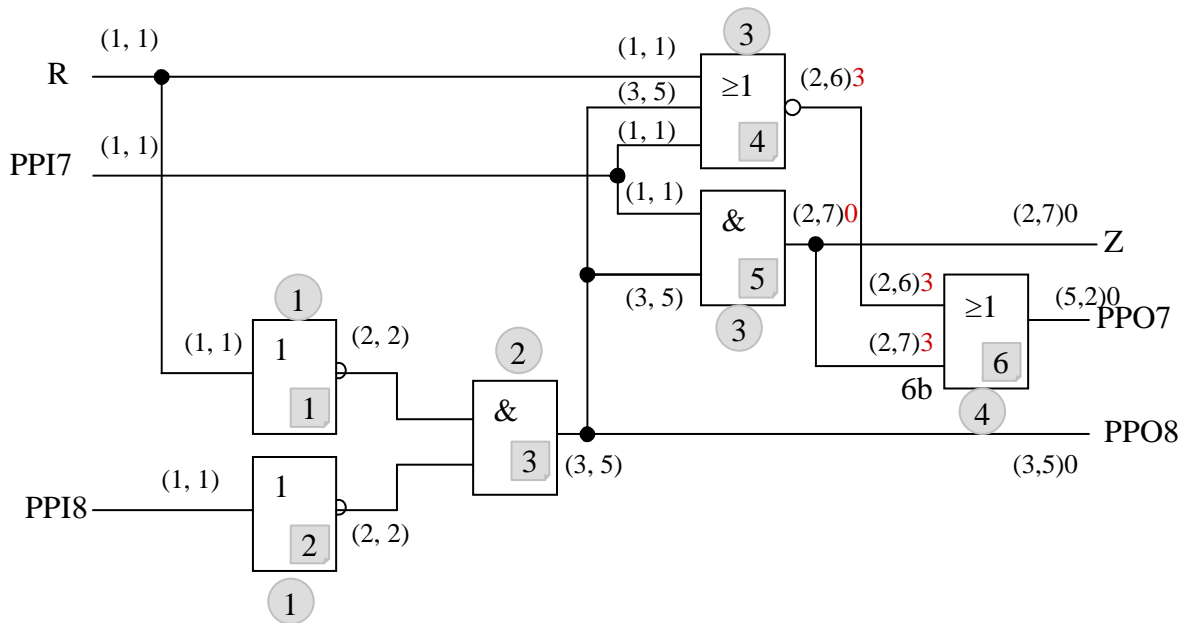


фиг.2f

За входовете на елемент 6 определяме следната наблюдаемост (фиг.2g):

$$CO(4) = CO(PPO7) + CO(5) + 1 = 0 + 2 + 1 = 3$$

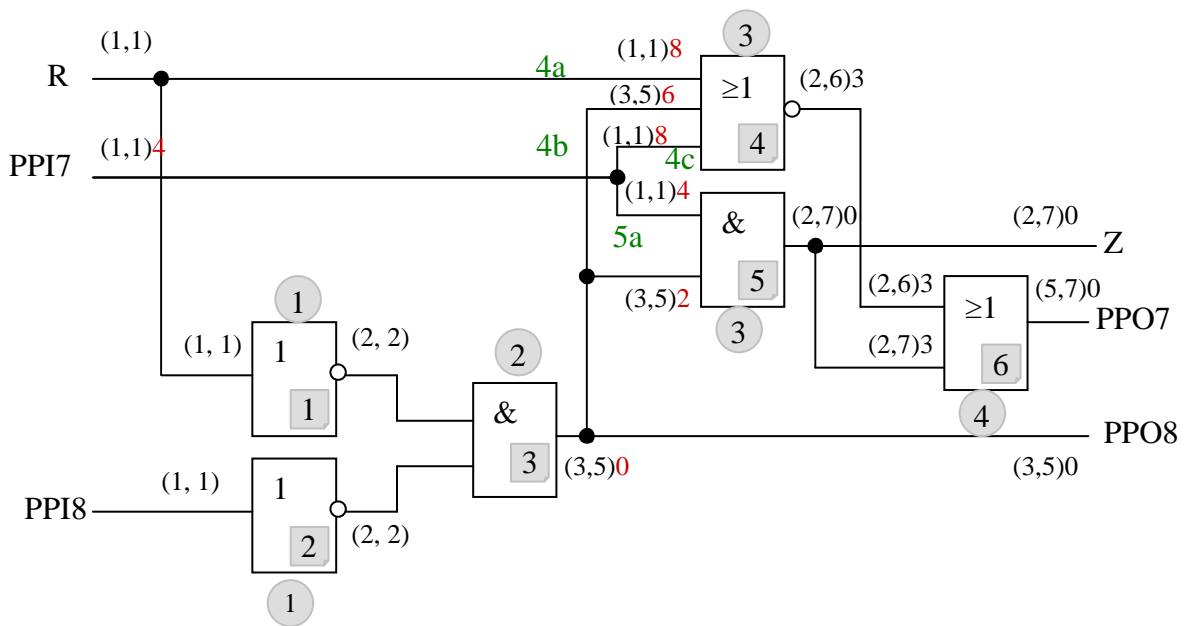
$$CO(6b) = CO(PPO7) + CO(4) + 1 = 0 + 2 + 1 = 3$$



фиг.2g

Наблюдаемостта на изхода на елемента 5 е 0, т.к. той се явява вход на разклонения с наблюдаемости 0 и 3(фиг.2h).

$$CO(5)=\min(CO(Z), CO(6b))=\min(0,3)=0$$



фиг.2h

За входовете на елемент 5 изчисляваме(фиг.2h):

$$CO(5a) = CO(5) + CC1(5b) + 1 = 0 + 3 + 1 = 4$$

$$CO(5b) = CO(5) + CC1(5a) + 1 = 0 + 1 + 1 = 2$$

За входовете на елемент 4 изчисляваме (фиг.2h):

$$CO(4a) = CO(4) + CC0(4b) + CC0(4c) + 1 = 3 + 3 + 1 + 1 = 8$$

$$CO(4b) = CO(4) + CC0(4a) + CC0(4c) + 1 = 3 + 1 + 1 + 1 = 6$$

$$CO(4c) = CO(4) + CC0(4a) + CC0(4b) + 1 = 3 + 3 + 1 + 1 = 8$$

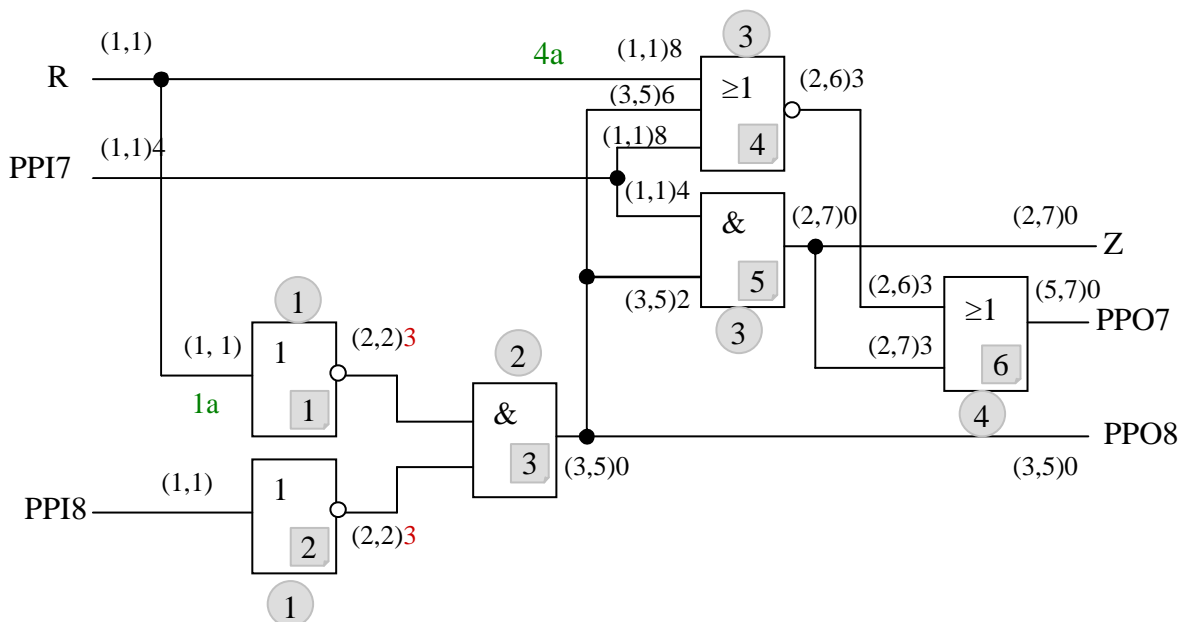
$$CO(PPI7) = \min(CO(4c), CO(5a)) = \min(8, 4) = 4$$

$$CO(3) = \min(CO(4b), CO(5b), CO(PPO8)) = \min(6, 2, 0) = 0$$

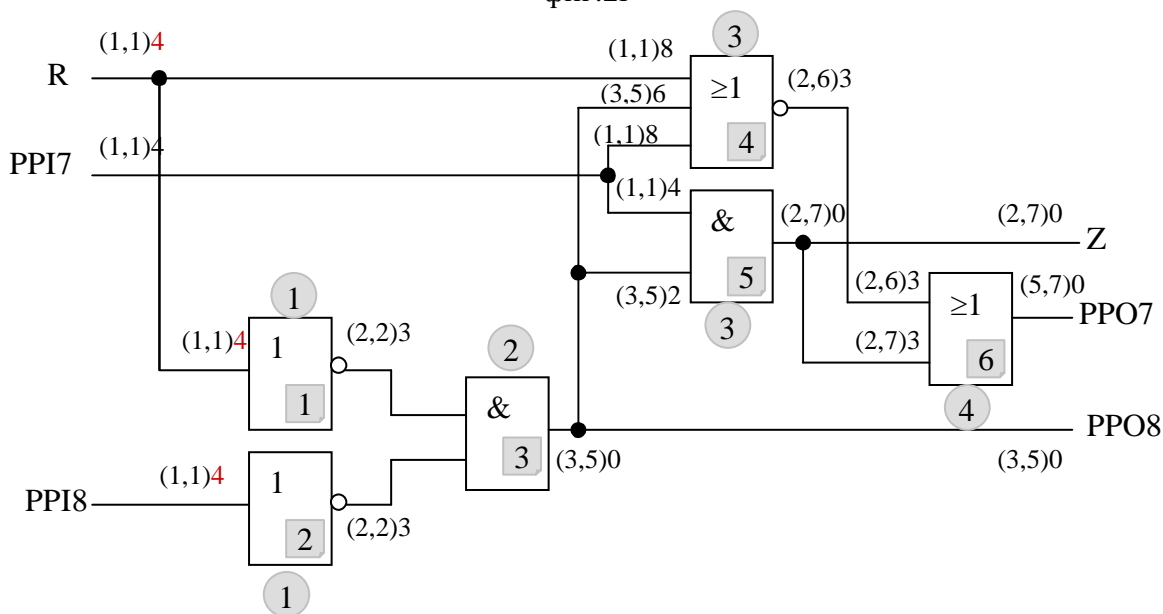
За входовете на елемент 3 изчисляваме(фиг.2i):

$$CO(1) = CO(3) + CC1(2) + 1 = 0 + 2 + 1 = 3$$

$$CO(2) = CO(3) + CC1(1) + 1 = 0 + 2 + 1 = 3$$



фиг.2i



фиг.2j

За елементи 1 и 2 изчисляваме(фиг.2j):

$$CO(1a) = CO(1) + 1 = 3 + 1 = 4$$

$$CO(PPI8) = CO(2) + 1 = 3 + 1 = 4$$

Наблюдаемостта на първичния вход R се определя от по-малката наблюдаемост на двете му разклонения.

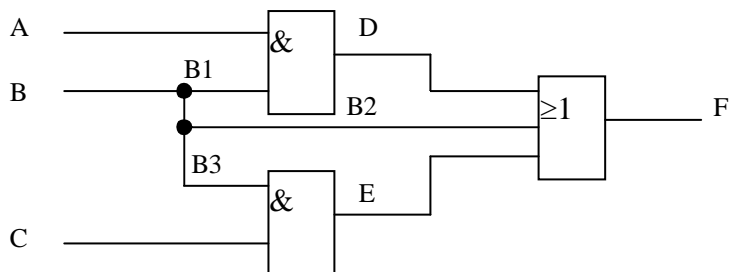
$$CO(R) = \min(CO(4a), CO(1a)) = \min(8, 4) = 4$$

Така тестабилността на схемата е определена.

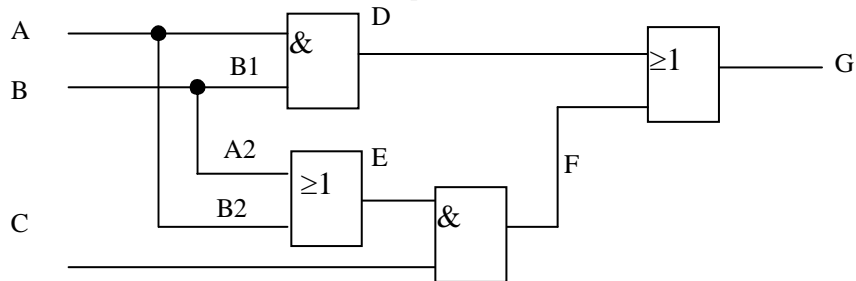


Задачи

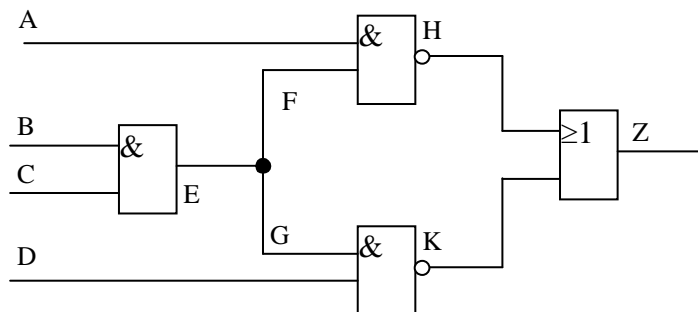
Определете тестабилността на схемите от фиг.3, 4, 5, 6 и 7.



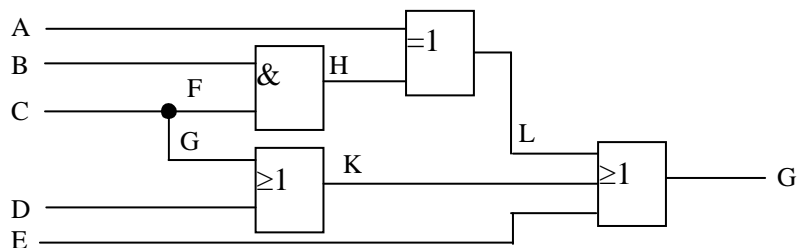
фиг.3



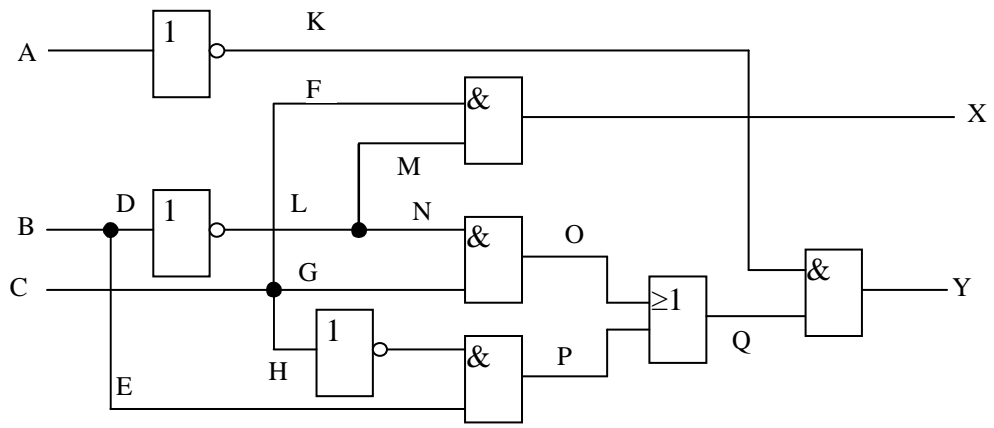
фиг.4



Фиг.5



Фиг.6



Фиг.7