ТЕСТВАНЕ И ДИАГНОСТИКА

Упражнение 3

Измерване на тестабилността на последователни схеми

Измерване на контролируемост и наблюдаемост на последователни схеми според алгоритъма на Голдщайн

Особености на изчисленията при последователни схеми:

1. Коефициентите на последователна контролируемост и наблюдаемост се увеличават с 1 само при преминаване през тригер.
2. Изчисленията се правят на няколко итерации заради обратната връзка, която се получава от тригерите.

Последователната контролируемост SC0 и SC1 дава оценка за това колко пъти трябва да се подаде тактов сигнал на различните тригери в схемата, за да се контролира сигнала по дадена връзка.

Последователна наблюдаемост SO дава оценка за това колко пъти трябва да се подаде тактов сигнал на различните тригери в схемата, за да се контролира сигнала по дадена връзка.

Комбинационната контролируемост и наблюдаемост при последователните схеми определя броя на връзките, които трябва да са установени за целия тактов период, за да може да се контролира или наблюдава сигнала в дадената връзка.

Комбинационна и последователна контролируемост и наблюдаемост на изводите на основните логически елементи:

NOT

CC0(z) = CC1(a) + 1
CC1(z) = CC0(a) + 1
SC0(z) = SC1(a)
SC1(z) = SC0(a)

CO(a) = CO(z) +1
SO(a) = SO(z)

AND

CC0(z) = min (CC0(a), CC0(b)) + 1
CC1(z) = CC1(a) + CC1(b) +1
SC0(z) = min (SC0(a), SC0(b))
SC1(z) = SC1(a) + SC1(b)

CO(a) = CO(z) + CC1(b) +1
CO(b) = CO(z) + CC1(a) +1
SO(a) = SO(z) + SC1(b)
SO(b) = SO(z) + SC1(a)

NAND

CC0(z) = CC1(a) + CC1(b) +1
CC1(z) = min (CC0(a), CC0(b)) + 1
SC0(z) = SC1(a) + SC1(b)
SC1(z) = min (SC0(a), SC0(b))

CO(a) = CO(z) + CC1(b) +1
CO(b) = CO(z) + CC1(a) +1
SO(a) = SO(z) + SC1(b)
SO(b) = SO(z) + SC1(a)

OR

$CC0(z) = CC0(a) + CC0(b) + 1$
$CC1(z) = \min(CC1(a), CC1(b)) + 1$
$SC0(z) = SC0(a) + SC0(b)$
$SC1(z) = \min(SC1(a), SC1(b))$

$CO(a) = CO(z) + CC0(b) + 1$
$CO(b) = CO(z) + CC0(a) + 1$
$SO(a) = SO(z) + SC0(b)$
$SO(b) = SO(z) + SC0(a)$

NOR

$CC0(z) = \min(CC1(a), CC1(b)) + 1$
$CC1(z) = CC0(a) + CC0(b) + 1$
$SC0(z) = \min(SC1(a), SC1(b))$
$SC1(z) = SC0(a) + SC0(b)$

$CO(a) = CO(z) + CC0(b) + 1$
$CO(b) = CO(z) + CC0(a) + 1$
$SO(a) = SO(z) + SC0(b)$
$SO(b) = SO(z) + SC0(a)$

XOR

$CC0(z) = \min(CC0(a) + CC0(b), CC1(a) + CC1(b)) + 1$
$CC1(z) = \min(CC0(a) + CC1(b), CC1(a) + CC0(b)) + 1$
$SC0(z) = \min(SC0(a) + SC0(b), SC1(a) + SC1(b)) + 1$
$SC1(z) = \min(SC0(a) + SC1(b), SC1(a) + SC0(b)) + 1$

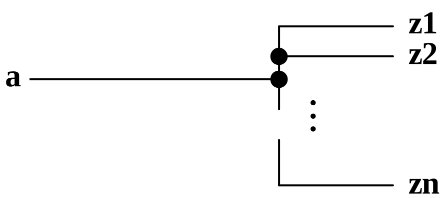
$CO(a) = CO(z) + \min(CC0(b), CC1(b)) + 1$
$CO(b) = CO(z) + \min(CC0(a), CC1(a)) + 1$
$SO(a) = SO(z) + \min(SC0(b), SC1(b))$
$SO(b) = SO(z) + \min(SC0(a), SC1(a))$

NXOR

$CC0(z) = \min(CC0(a) + CC1(b), CC1(a) + CC0(b)) + 1$
$CC1(z) = \min(CC0(a) + CC0(b), CC1(a) + CC1(b)) + 1$
$SC0(z) = \min(SC0(a) + SC1(b), SC1(a) + SC0(b)) + 1$
$SC1(z) = \min(SC0(a) + SC0(b), SC1(a) + SC1(b)) + 1$

$CO(a) = CO(z) + \min(CC0(b), CC1(b)) + 1$
$CO(b) = CO(z) + \min(CC0(a), CC1(a)) + 1$
$SO(a) = SO(z) + \min(SC0(b), SC1(b))$
$SO(b) = SO(z) + \min(SC0(a), SC1(a))$

Комбинационна и последователна наблюдаемост на разклонения (фиг.1):

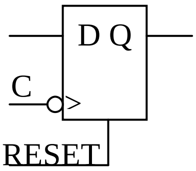


фиг.1

Всички клонове имат еднакво ниво на контролируемост.

$CO(a) = \min(CO(z1), CO(z2), \ldots, CO(zn))$
$SO(a) = \min(SO(z1), SO(z2), \ldots, SO(zn))$

Комбинационна и последователна контролируемост и наблюдаемост на D-тигери.



фиг.2

Комбинационна и последователна контролируемост на изход Q (фиг.2):

CC1(Q) = CC1(D) + CC1(C) +CC0(C)+CC0(RESET)
SC1(Q) = SC1(D) + SC1(C) +SC0(C)+SC0(RESET)+1

CC0(Q) = min [(CC1(RESET) + CC1(C)+CC0(C)) , (CC0(D) + CC1(C)+CC0(C))]
SC0(Q) = min [(SC1(RESET) + SC1(C)+SC0(C)) , (SC0(D) + SC1(C)+SC0(C))] + 1

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

Комбинационна и последователна наблюдаемост на вход D:

CO(D) = CO(Q) + CC1(C) +CC0(C)+CC0(RESET)
SO(D) = SO(Q) + SC1(C) +SC0(C)+SC0(RESET)+1

Комбинационна и последователна наблюдаемост на сигнал RESET:

CO(RESET) = CO(Q) + CC1(Q) + CC1(RESET) + CC1(C) + CC0(C)
SO(RESET) = SO(Q) + SC1(Q) + SC0(RESET) + SC0(C) + SC0(C) + 1

Комбинационна и последователна наблюдаемост на тактовия сигнал C:

CO(C) = min [(CO(Q) + CC1(Q) + CC0(D) + CC1(C)+CC0(C)) ,
(CO(Q) + CC1(Q) + CC1(RESET) + CC1(C)+CC0(C)),
(CO(Q) + CC0(Q) + CC0(RESET) + CC1(D)+CC1(C) +CC0(C))]
SC0(C) = min [(SO(Q) + SC1(Q) + SC0(D) + SC1(C)+SC0(C)) ,
(SO(Q) + SC1(Q) + SC1(RESET) + SC1(C)+SC0(C)),
(SO(Q) + SC0(Q) + SC0(RESET) + SC1(D)+SC1(C) +SC0(C))]+1

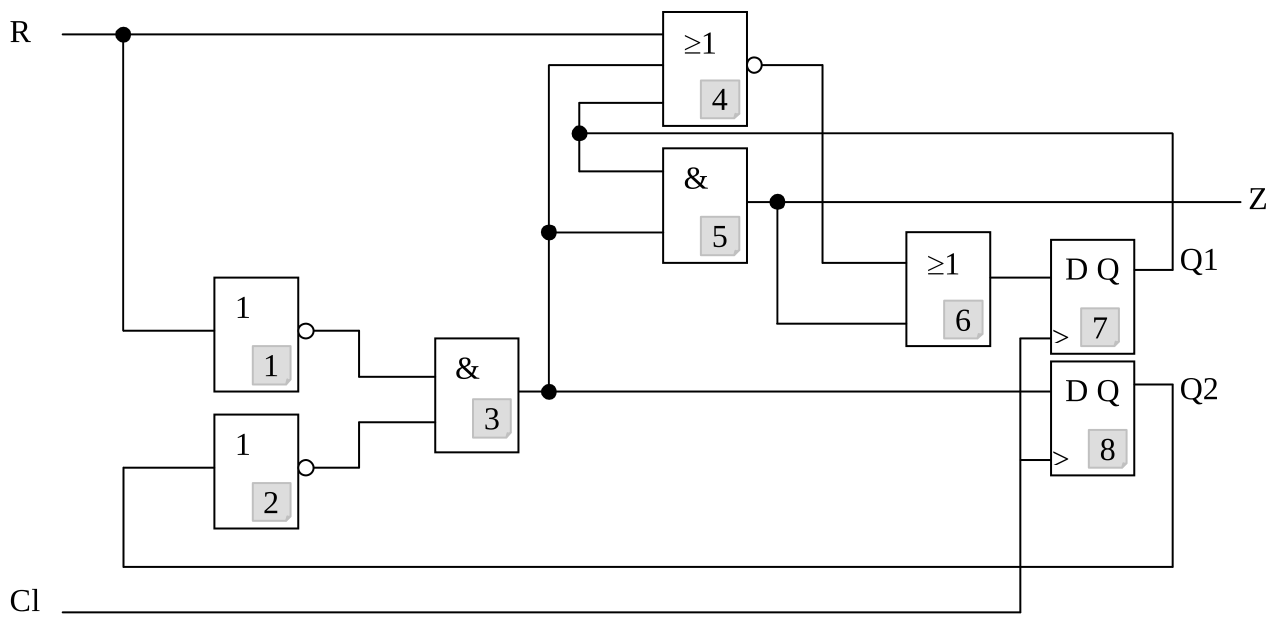
Алгоритъм на изчислението:

1. За всички първични входове се установява CC0(I)=CC1(I)=1 и SC0(I)=SC1(I)=0.
2. За всички останали връзки се установява CC0(N)=CC1(N)=∞ и SC0(N)=SC1(N)= ∞.
3. Тръгва се от първичните входове към първичните изходи и за всички връзки се преизчисляват комбинационните и последователни контролируемости.
4. Точка 3 се повтаря до тогава, докато всички стойности за контролируемостта за всички връзки станат различни от безкрайност (∞).
5. За всички първични изходи се установява CO(U)=SO(U)=0.
6. За всички останали връзки се установява CO(N)=SO(N)= ∞.
7. Тръгва се от първичните изходи към първичните входове и за всички връзки се преизчисляват комбинационните и последователни наблюдаемости.
8. Точка 7 се повтаря до тогава, докато всички стойности за наблюдаемости за всички връзки станат различни от безкрайност (∞).

Дължината на тестващия вектор за откриване на повреда слепване към 0, респективно към 1на дадена връзка (x) се определя по формулите:

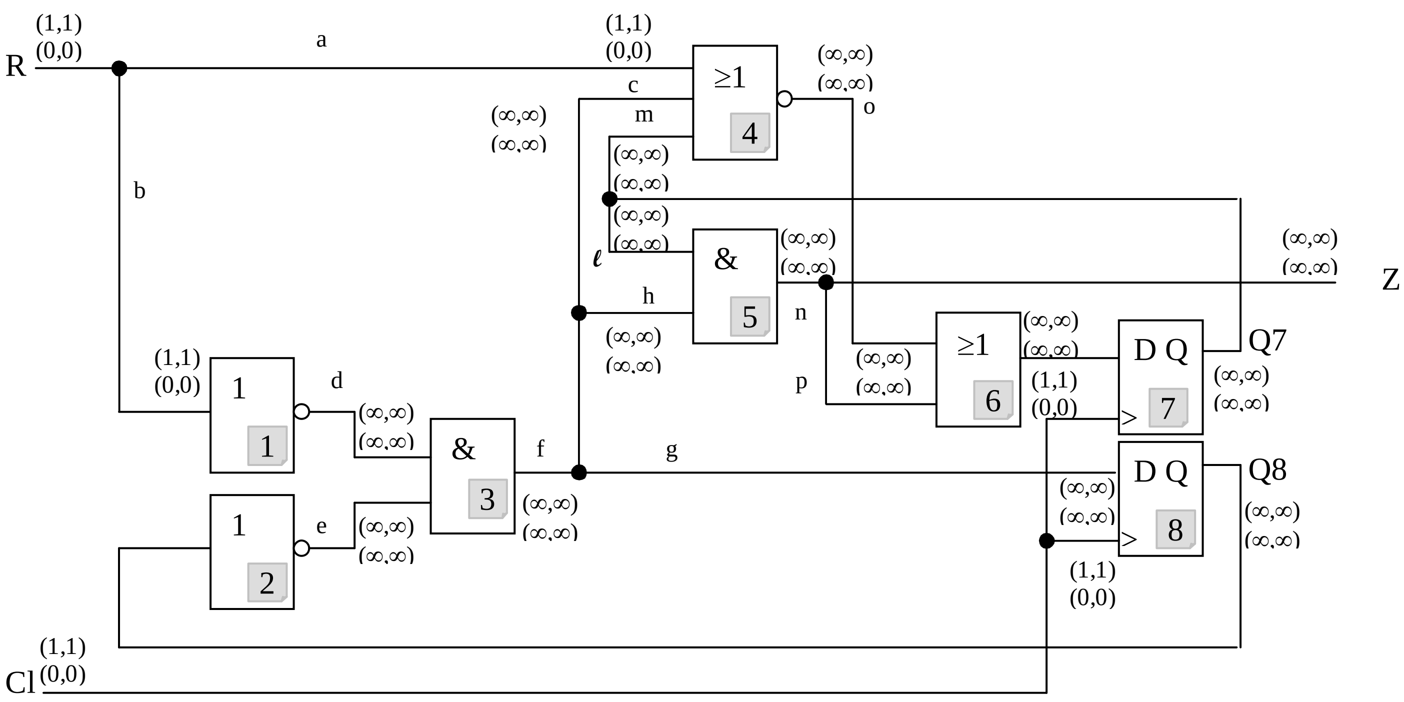
T(x-sa0) = CC1(x) + CO(x);
T(x-sa1) = CC0(x) + CO(x);

Пример 1 Определете тестабилността на схемата от фиг.1.



фиг.1

Стъпка 1: ***Установяване контролируемостта на първичните входове и останалите връзки в схемата***.



фиг.1а

Стъпка 2: ***Първо обхождане от входа към изхода и преизчисляване на контролируемостта на връзките в схемата.***

За изхода на елемент 1 изчисляваме:

$CC0(d)=CC1(b)+1=1+1=2$
$CC1(d)=CC0(b)+1=1+1=2$
$SC0(d)=SC1(b)=0$
$SC1(d)=SC0(b)=0$

За изхода на елемент 2 изчисляваме:

$CC0(e)=CC1(Q8)+1=\infty+1=\infty$
$CC1(e)=CC0(Q8)+1=\infty+1=\infty$
$SC0(e)=SC1(Q8)=\infty$
$SC1(e)=SC0(Q8)=\infty$

За изхода на елемент 3 изчисляваме:

$CC0(f)=\min(CC0(d), CC0(e))+1=\min(2, \infty)+1=2+1=3$
$CC1(f)=CC1(d)+CC1(e)+1=2+\infty+1=\infty$
$SC0(f)=\min(SC0(d), SC0(e))=\min(0, \infty)=0$
$SC1(f)=SC1(d)+SC1(e)=2+\infty=\infty$

За изхода на елемент 4 изчисляваме:

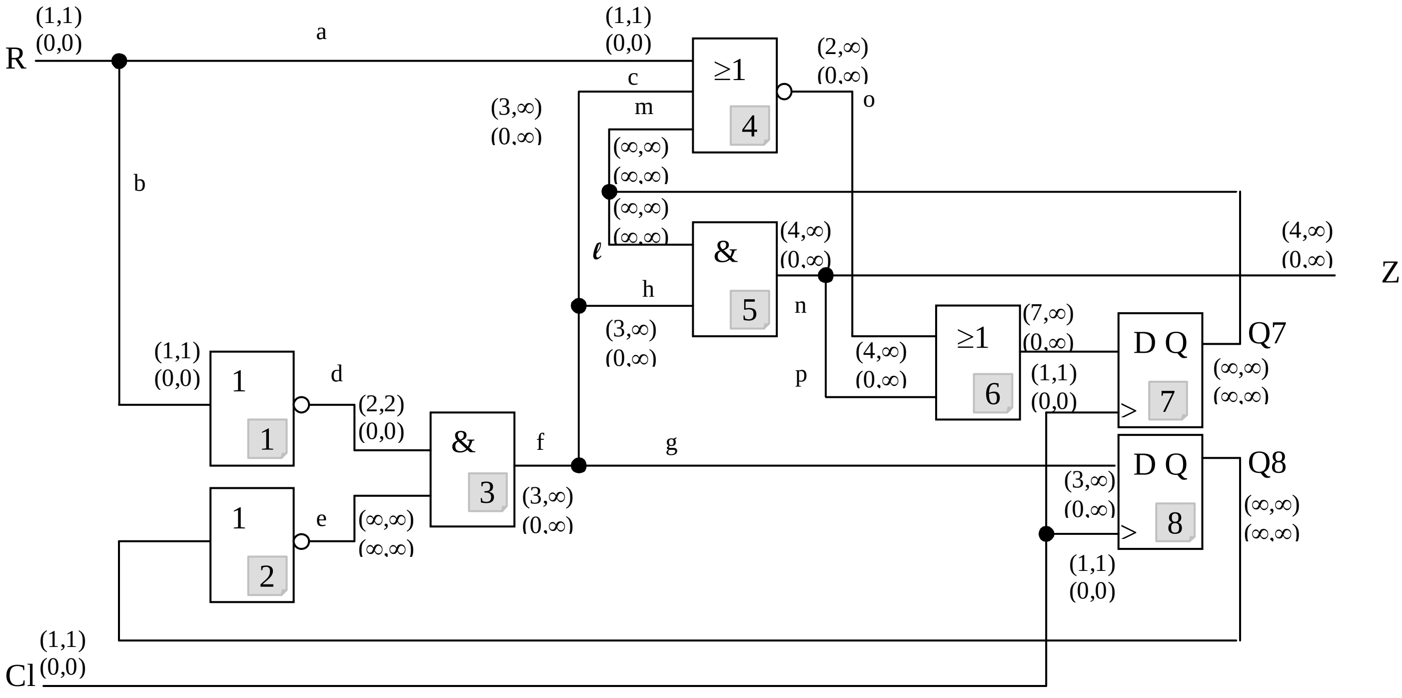
$CC0(o)=\min(CC1(a), CC1(c), CC1(m))+1=\min(1, \infty, \infty)+1=1+1=2$
$CC1(o)=CC0(a)+CC0(c)+CC0(m)+1=1+3+\infty+1=\infty$
$SC0(o)=\min(SC1(a), SC1(c), SC1(m))=\min(0, \infty, \infty)=0$
$SC1(o)=SC0(a)+SC0(c)+SC0(m)=0+0+\infty=\infty$

За изхода на елемент 5 изчисляваме:

$CC0(n)=\min(CC0(\ell), CC0(h))+1=\min(\infty, 3)+1=3+1=4$
$CC1(n)=CC1(\ell)+CC1(h)+1=\infty+3+1=\infty$
$SC0(n)=\min(SC0(\ell), SC0(h))=\min(\infty, 0)=0$
$SC1(n)=SC1(\ell)+SC1(h)=\infty+\infty=\infty$

За изхода на елемент 6 изчисляваме:

$CC0(D7)=CC0(o)+CC0(p)+1=2+4+1=7$
$CC1(D7)=\min(CC1(o), CC1(p))+1=\min(\infty, \infty)+1=\infty$
$SC0(D7)=SC0(o)+SC0(p)=0+0=0$
$SC1(D7)=\min(SC1(o), SC1(p))=\min(\infty, \infty)=\infty$



фиг.1b

Стъпка 3: ***Изчисляване на контролируемостта на изходите на D тригерите***.

Т.к. тригерите нямат вход RESET, се счита че сигнал RESET винаги е в състояние 0. Следователно:

CC0(RESET) = 0	SC0(RESET) = 0
CC1(RESET) = ∞	SC1(RESET) = ∞

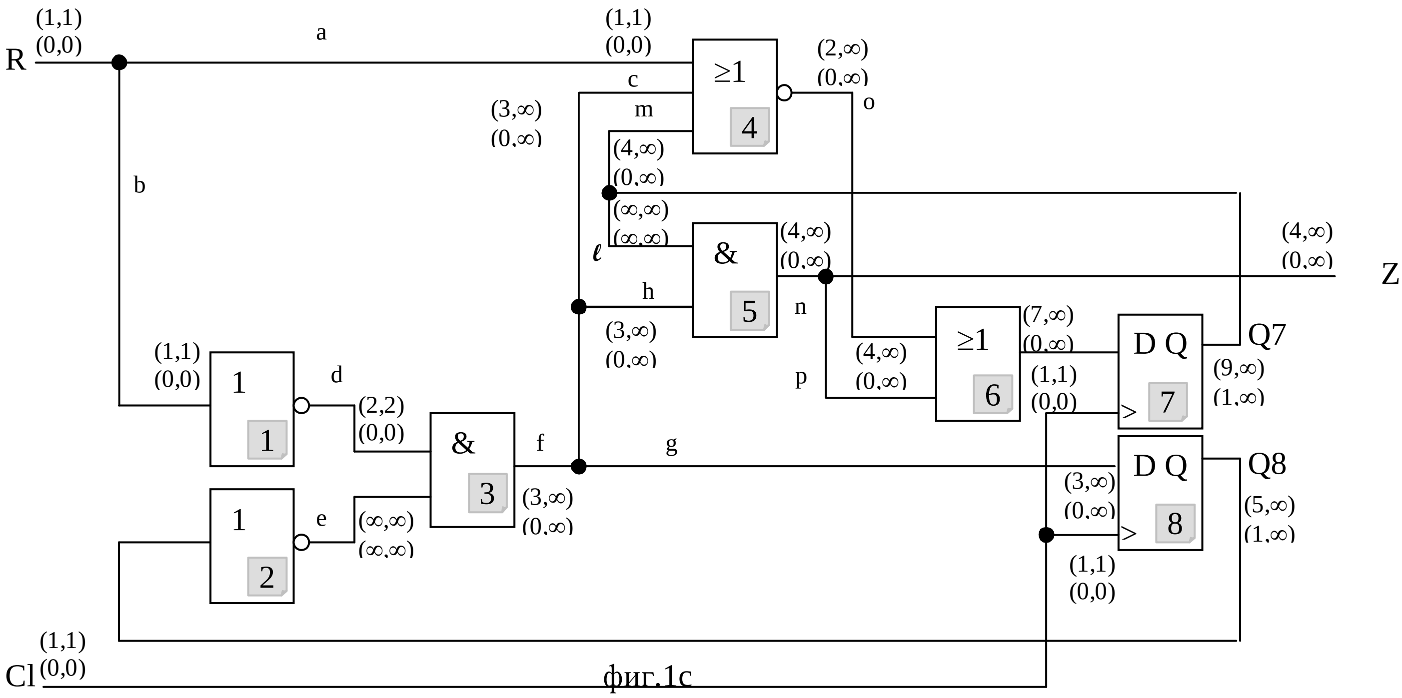
За изхода на D-тригер (елемент 7) изчисляваме:

$CC0(Q7) = \min [(CC1(RESET)+CC1(Cl7)+CC0(Cl7)) , (CC0(D7) + CC1(Cl7)+CC0(Cl7))] =$
$= \min [(\infty+1+1),(7+1+1)] = 9$
$CC1(Q7) = CC1(D7) + CC1(Cl7) +CC0(Cl7) + CC0(RESET) = \infty + 1 +1 + 0 = \infty$
x
$SC0(Q7) = \min [(SC1(RESET)+SC1(Cl7)+SC0(Cl7)) , (SC0(D7) + SC1(Cl7)+SC0(Cl7))] +1=$
$= \min[(\infty+0+0),(0+0+0)]+1=0+1=1$
$SC1(Q7) = SC1(D7) + SC1(Cl7) + SC0(Cl7) + SC0(RESET) + 1 = \infty + 0 + 0 + 0 + 1 = \infty$

За изхода на D-тригер 8 изчисляваме:

$CC0(Q8) = \min [(CC1(RESET)+CC1(Cl8)+CC0(Cl8)) , (CC0(D8) + CC1(Cl8)+CC0(Cl8))] =$
$= \min [(\infty+1+1),(3+1+1)] = 5$
$CC1(Q8) = CC1(D8) + CC1(Cl8) +CC0(Cl8) + CC0(RESET) = \infty + 1 +1 + 0 = \infty$

$SC0(Q8) = \min [(SC1(RESET)+SC1(Cl8)+SC0(Cl8)) , (SC0(D8) + SC1(Cl8)+SC0(Cl8))] +1=$
$= \min[(\infty+0+0),(0+0+0)]+1=0+1=1$
$SC1(Q8) = SC1(D8) + SC1(Cl8) + SC0(Cl8) + SC0(RESET) + 1 = \infty + 0 + 0 + 0 + 1 = \infty$



фиг.1с

Стъпка 4: ***Второ обхождане от входа към изхода и преизчисляване на контролируемостта на връзките в схемата*.**

За 1 няма промяна.

За изхода на елемент 2 изчисляваме:

CC0(e)=CC1(Q8)+1=∞+1=∞
CC1(e)=CC0(Q8)+1=5+1=6
SC0(e)=SC1(Q8) =∞
SC1(e)=SC0(Q8) =1

За изхода на елемент 3 изчисляваме:

CC0(f)= min (CC0(d), CC0(e)) + 1=min(2, ∞)+1=2 + 1 = 3
CC1(f)=CC1(d)+ CC1(e)+1=2+6+1=9
SC0(f)= min (SC0(d), SC0(e)) =min(0, ∞)=0
SC1(f)=SC1(d)+ SC1(e)=0+1=1

За изхода на елемент 4 изчисляваме:

CC0(o)= min (CC1(a), CC1(c),CC1(m))+1=min(1, 9,∞)+1=1+1=2
CC1(o)= CC0(a)+ CC0(c) + CC0(m)+ 1=1+3+9+1=14
SC0(o)= min (SC1(a), SC1(c),SC1(m))=min(0, 1,∞)=0
SC1(o)= SC0(a)+ SC0(c) + SC0(m)=0+0+1=1

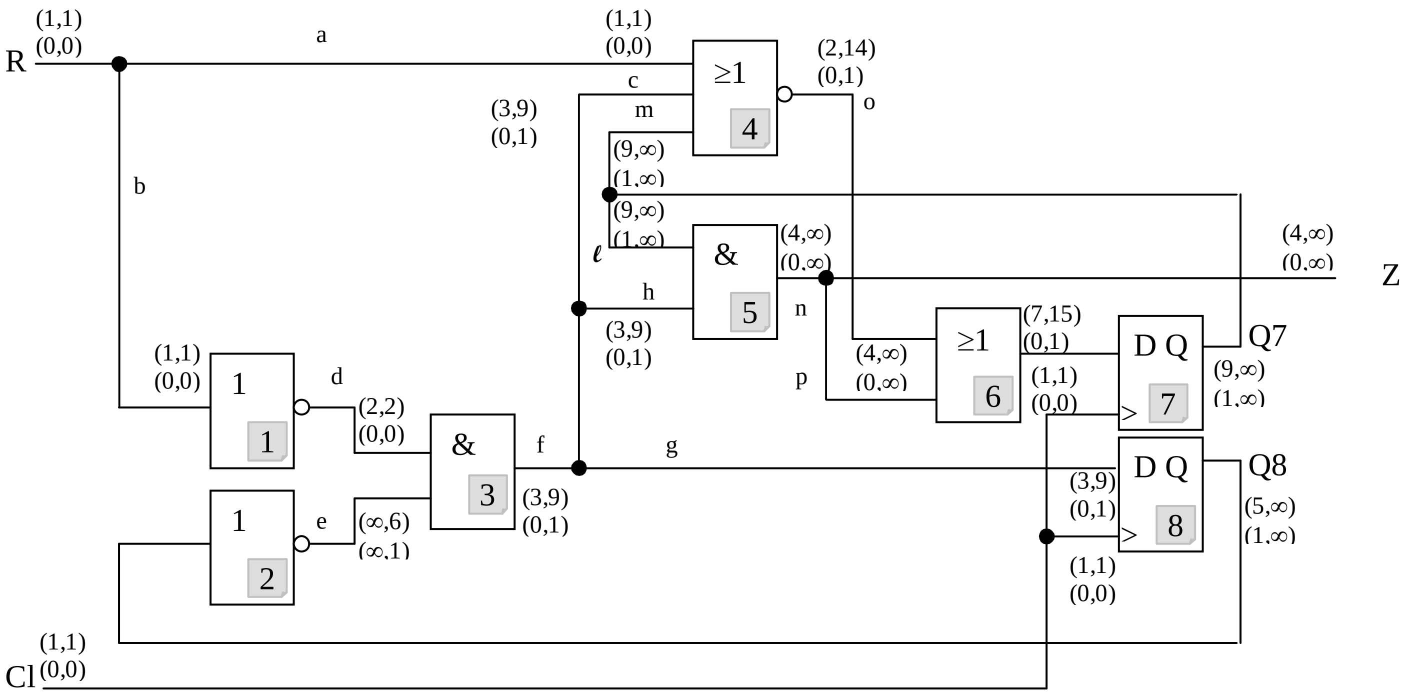
За изхода на елемент 5 изчисляваме:

CC0(n)= min (CC0(ℓ), CC0(h)) + 1=min(9, 3)+1=3 + 1 = 4
CC1(n)=CC1(ℓ)+ CC1(h)+1=∞+9+1=∞

SC0(n)= min (SC0(ℓ), SC0(h)) =min(1, 0)=0
SC1(n)=SC1(ℓ)+ SC1(h)= ∞+1=∞

За изхода на елемент 6 изчисляваме:

CC0(D7)= CC0(o)+ CC0(p)+ 1=2+4+1=7
CC1(D7)= min (CC1(o), CC1(p))+1=min(14,∞)+1=14+1=15
SC0(D7)= SC0(o)+ SC0(p)=0+0=0
SC1(D7)= min (SC1(o), SC1(p))=min(1,∞)=1



фиг.1с

Стъпка 5: ***Изчисляване на контролируемостта на изходите на D тригерите***.

За изхода на D-тригер 7 изчисляваме:

CC0(Q7) = min [(CC1(RESET)+CC1(Cl7)+CC0(Cl7)) , (CC0(D7) + CC1(Cl7)+CC0(Cl7))] =
= min [(∞+1+1),(7+1+1)] = 9
CC1(Q7) = CC1(D7) + CC1(Cl7) +CC0(Cl7) + CC0(RESET) = 15 + 1 +1 + 0 = 17

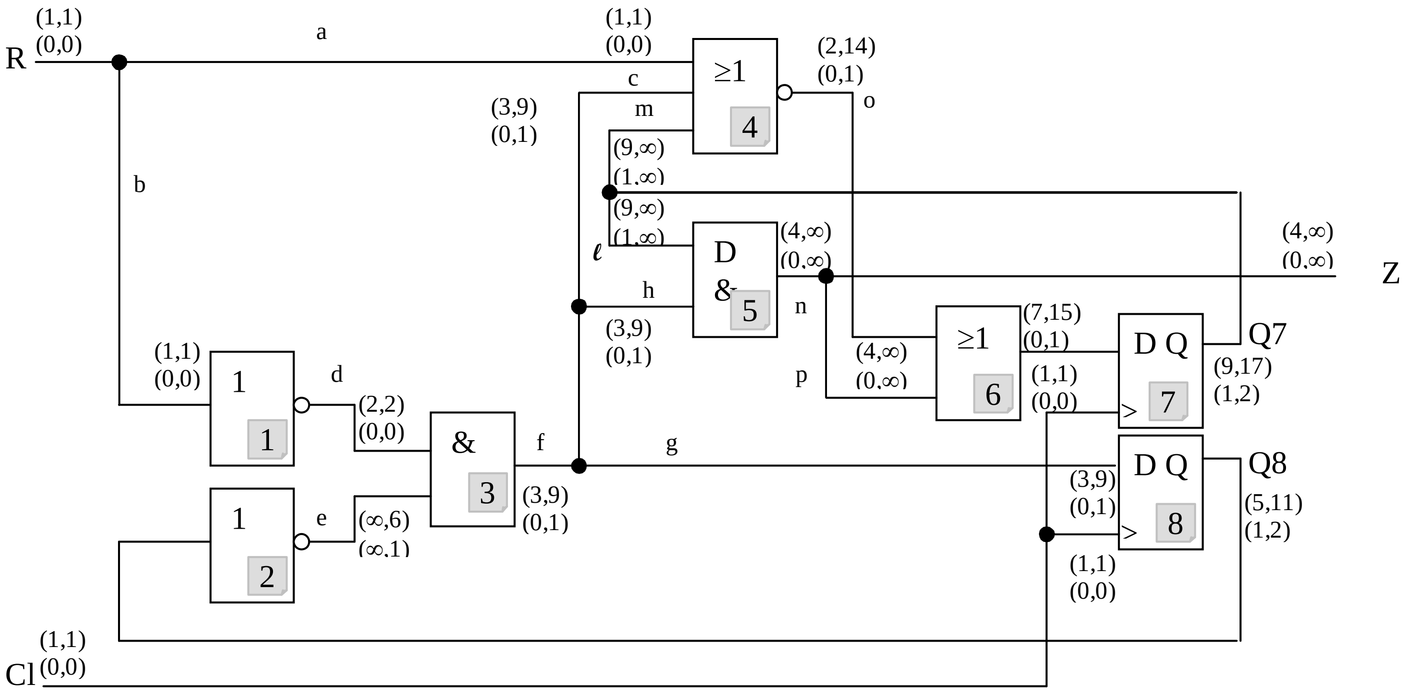
SC0(Q7) = min [(SC1(RESET)+SC1(Cl7)+SC0(Cl7)) , (SC0(D7) + SC1(Cl7)+SC0(Cl7))] +1=
= min[(∞+0+0),(0+0+0)]+1=0+1=1
SC1(Q7) = SC1(D7) + SC1(Cl7) + SC0(Cl7) + SC1(RESET) + 1 = 1 + 0 + 0 + 0 + 1 = 2

За изхода на D-тригер 8 изчисляваме:

CC0(Q8) = min [(CC1(RESET)+CC1(Cl8)+CC0(Cl8)) , (CC0(D8) + CC1(Cl8)+CC0(Cl8))] =
= min [(∞+1+1),(3+1+1)] = 5
CC1(Q8) = CC1(D8) + CC1(Cl8) +CC0(Cl8) + CC0(RESET) = 9 + 1 +1 + 0 = 11

SC0(Q8) = min [(SC1(RESET)+SC1(Cl8)+SC0(Cl8)) , (SC0(D8) + SC1(Cl8)+SC0(Cl8))] +1=
= min[(∞+0+0),(0+0+0)]+1=0+1=1

SC1(Q8) = SC1(D8) + SC1(Cl8) + SC0(Cl8) + SC0(RESET) + 1 = 1 + 0 + 0 + 0 + 1 = 2



фиг.1d

Стъпка 6: ***Трето обхождане от входа към изхода и преизчисляване на контролируемостта на връзките в схемата.***

За 1 няма промяна.

За изхода на елемент 2 изчисляваме:

CC0(e)=CC1(Q8)+1=11+1=12
CC1(e)=CC0(Q8)+1=5+1=6
SC0(e)=SC1(Q8) =2
SC1(e)=SC0(Q8) =1

За изхода на елемент 3 изчисляваме:

CC0(f)= min (CC0(d), CC0(e)) + 1=min(2, 12)+1=2 + 1 = 3
CC1(f)=CC1(d)+ CC1(e)+1=2+6+1=9
SC0(f)= min (SC0(d), SC0(e)) =min(0, 2)=0
SC1(f)=SC1(d)+ SC1(e)=0+1=1

За изхода на елемент 4 изчисляваме:

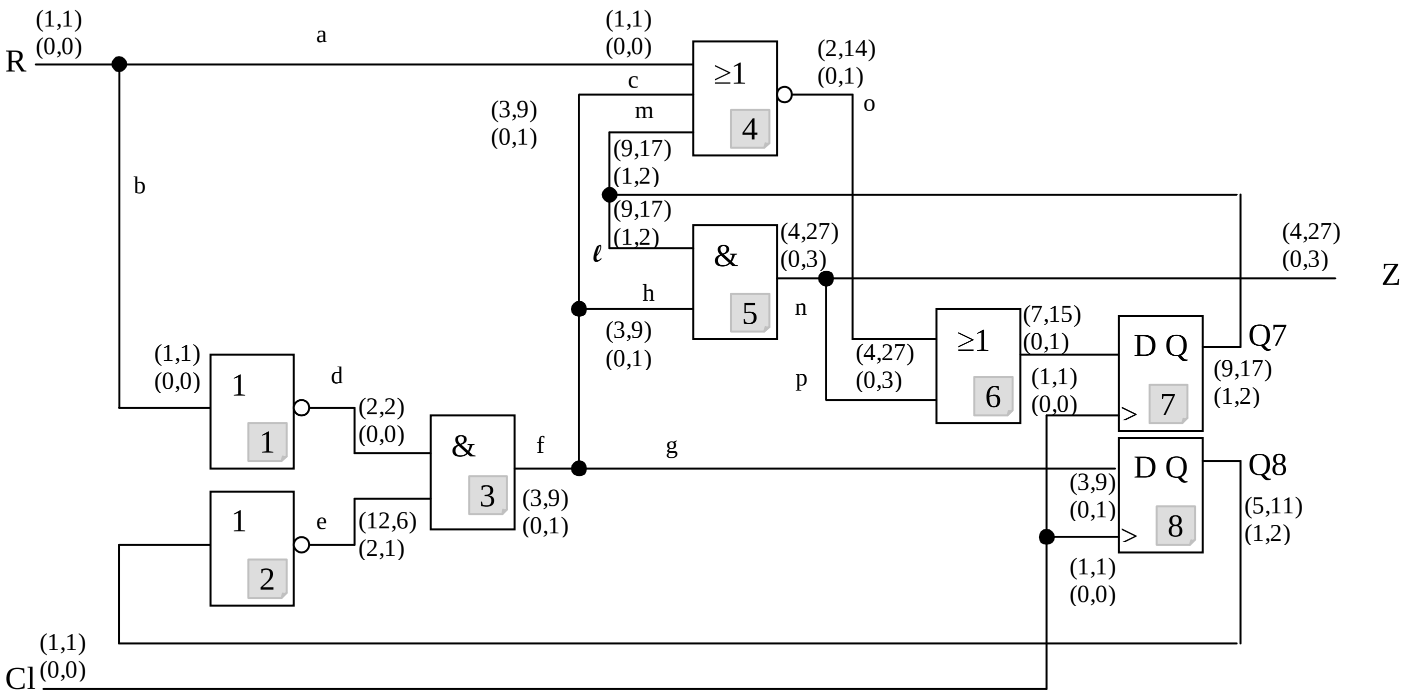
CC0(o)= min (CC1(a), CC1(c),CC1(m))+1=min(1, 9,17)+1=1+1=2
CC1(o)= CC0(a)+ CC0(c) + CC0(m)+ 1=1+3+9+1=14
SC0(o)= min (SC1(a), SC1(c),SC1(m))=min(0, 1,2)=0
SC1(o)= SC0(a)+ SC0(c) + SC0(m)=0+0+1=1

Забележете, изходите на елемент 3 и елемент 4 остават с непроменени стойности на контролируемостта. За изхода на елемент 5 изчисляваме:

$CC0(n)= \min (CC0(\ell), CC0(h)) + 1=\min(9, 3)+1=3 + 1 = 4$
$CC1(n)=CC1(\ell)+ CC1(h)+1=17+9+1=27$
$SC0(n)= \min (SC0(\ell), SC0(h)) =\min(1, 0)=0$
$SC1(n)=SC1(\ell)+ SC1(h)= 2+1=3$

За изхода на елемент 6 изчисляваме:

$CC0(D7)= CC0(o)+ CC0(p)+ 1=2+4+1=7$
$CC1(D7)= \min (CC1(o), CC1(p))+1=\min(14,27)+1=14+1=15$
$SC0(D7)= SC0(o)+ SC0(p)=0+0=0$
$SC1(D7)= \min (SC1(o), SC1(p))=\min(1,3)=1$



фиг.1е

Т.к. Контролируемустите на входовете и на двата тригера не са променени, контролируемостите на изхода остават същите. Следователно получихме стабилни стойности за всички коефициенти на контролируемост (ако продължим с итерациите няма да се промени никой от тях) и можем да пристъпим към изчисляване на коефициентите на наблюдаемост.

Стъпка 7: ***Обхождане от изхода към входа за изчисляване на наблюдаемостта на връзките в схемата***.

По дефиниция комбинационната и последователна наблюдаемост на първичния изход Z имат стойност 0. Връзката n се аввява входа за разклонение, единият от изходите на което е първичният изход Z. Т.к. наблюдаемостта на входа на разклонението е най-малката стойност от наблюдаемостите на всичките му изходи, а наблюдаемостта на връзката p не е определена (безкрайност), то комбинационната и последователна наблюдаемости на връзктата n (изхода на елемент 5) са 0. За наблюдаемостта на входовете му определяме:

$CO(\ell) = CO(n) + CC1(h) +1 = 0 + 9 + 1 = 10$
$SO(\ell) = SO(n) + SC1(h) = 0 + 1 = 1$

$CO(h) = CO(n) + CC1(\ell) + 1 = 0 + 17 + 1 = 18$
$SO(h) = SO(n) + SC1(\ell) = 0 + 2 = 2$

Наблюдаемостта на връзката f се определя от най-малката от наблюдаемостите на връзките g, h и c. Т.к. наблюдаемостите на g и c са безкрайност, а за наблюдаемостта на h изчислехме 18, то и за наблюдаемостта на f получаваме 18. Аналогично за наблюдаемостите на Q7 се получава: комбинационна 10 и последователна 1.

За наблюдаемостта на входовете на елемент 3 (AND) определяме:

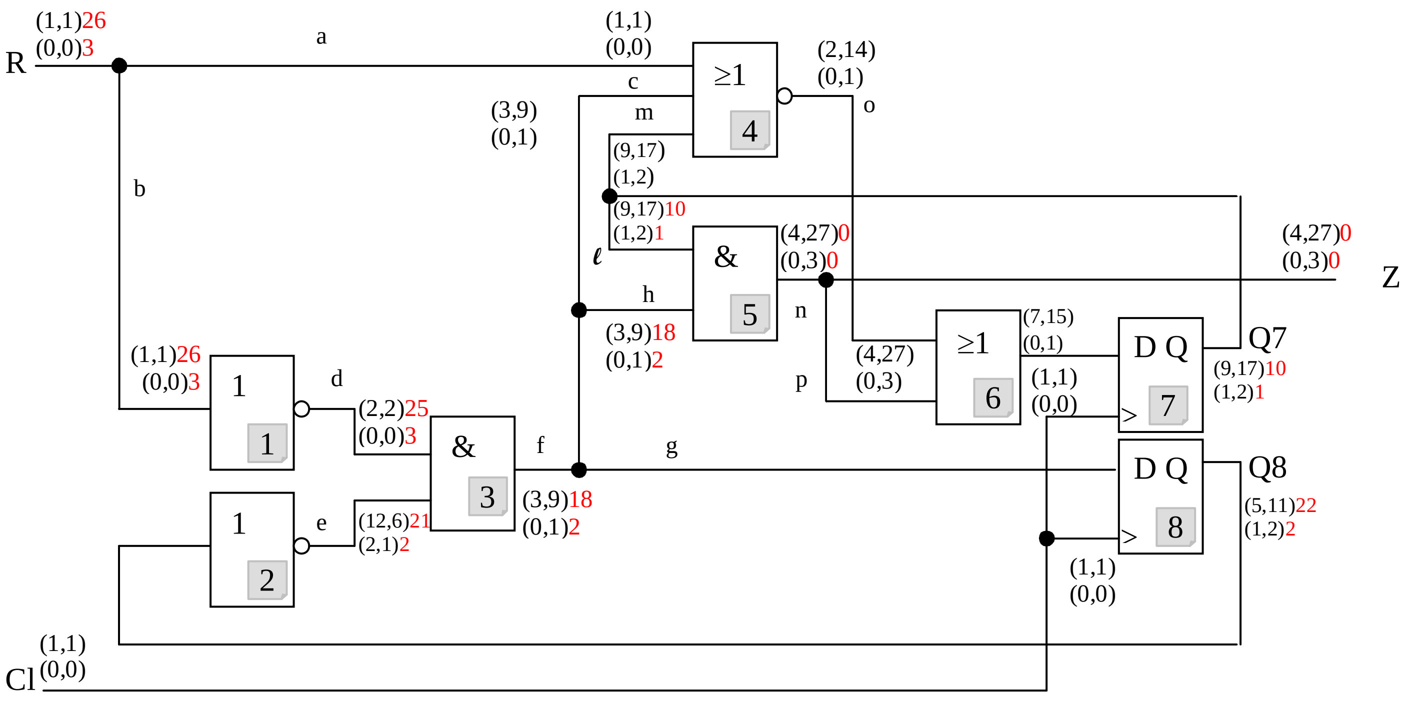
$CO(d) = CO(f) + CC1(e) + 1 = 18 + 6 + 1 = 25$
$SO(d) = SO(f) + SC1(e) = 2 + 1 = 3$
$CO(e) = CO(f) + CC1(d) + 1 = 18 + 2 + 1 = 21$
$SO(e) = SO(f) + SC1(d) = 2 + 0 = 2$

За наблюдаемостта на входа на елемент 2 (NOT) определяме:

$CO(Q8) = CO(e) + 1 = 21 + 1 = 22$
$SO(Q8) = SO(e) = 2$

За наблюдаемостта на входа на елемент 1 (NOT) определяме:

$CO(b) = CO(d) + 1 = 25 + 1 = 26$
$SO(b) = SO(d) = 3$



фиг.1f

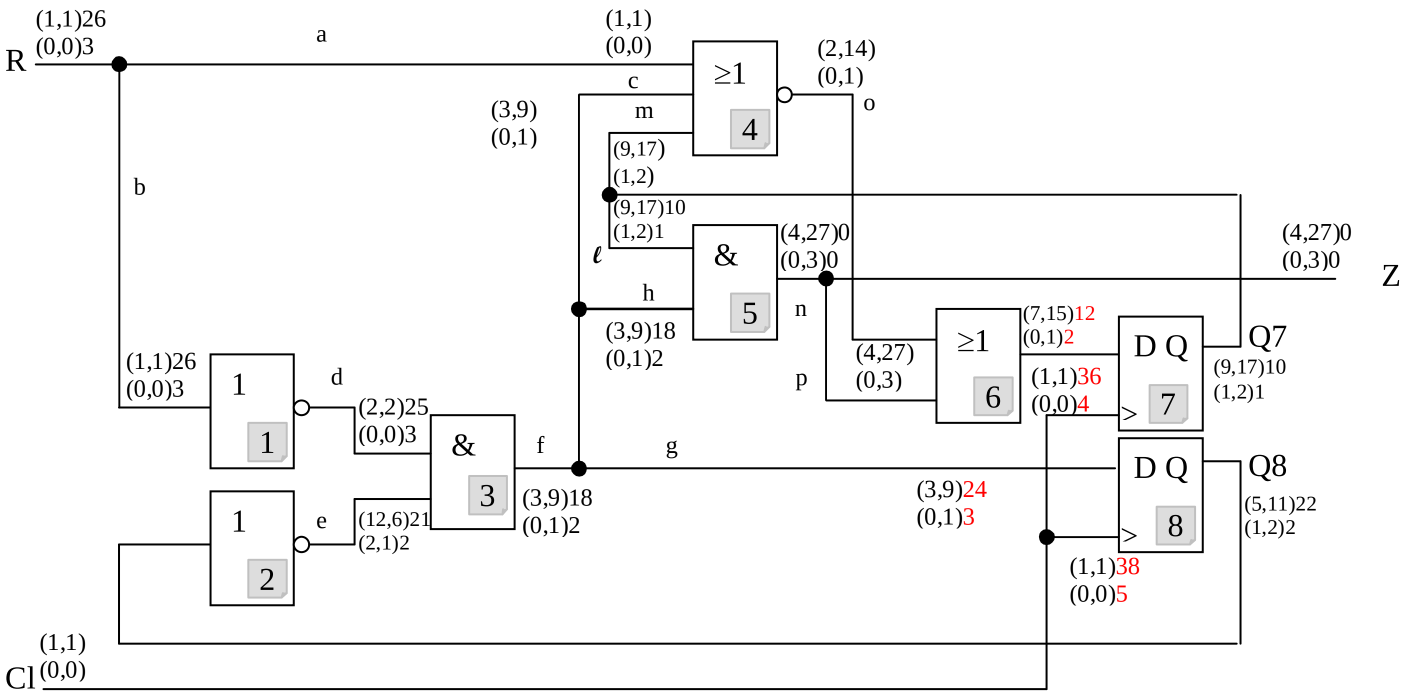
Изчисляване на наблюдаемостта на входовете на тригерите.

$CO(D7) = CO(Q7) + CC1(C7) + CC0(C7) + CC0(RESET7) = 10+1+1+0 = 12$
$SO(D7) = SO(Q7) + SC1(C7) + SC0(C7) + SC0(RESET7) + 1 = 1+0+0+0+1 = 2$
$CO(C7) = \min[\,(CO(Q7) + CC1(Q7) + CC0(D7) + CC1(C7) + CC0(C7))\,,$
$(CO(Q7) + CC1(Q7) + CC1(RESET7) + CC1(C7) + CC0(C7)),$

(CO(Q7) + CC0(Q7) + CC0(RESET7) + CC1(D7)+CC1(C7) +CC0(C7))] =
= min [(10+17+7+1+1),(10+17+∞+1+1),(10+9+0+15+1+1)]=
= min [36, ∞, 36] = 36
SC0(C7) = min [(SO(Q7) + SC1(Q7) + SC0(D7) + SC1(C7)+SC0(C7)) ,
(SO(Q7) + SC1(Q7) + SC1(RESET7) + SC1(C7)+SC0(C7)),
(SO(Q7) + SC0(Q7) + SC0(RESET7) + SC1(D7)+SC1(C7) +SC0(C7))]+1 =
= min [(1+2+1+0+0),(1+2+∞+0+0),(1+1+0+1+0+0)] +1 =
= min [4, ∞, 3] +1= 4

CO(D8) = CO(Q8) + CC1(C8) +CC0(C8)+CC0(RESET8)=22+1+1+0=24
SO(D8) = SO(Q8) + SC1(C8) +SC0(C8)+SC0(RESET8)+1=2+0+0+0+1=3

CO(C8) = min [(CO(Q8) + CC1(Q8) + CC0(D8) + CC1(C8)+CC0(C8)) ,
(CO(Q8) + CC1(Q8) + CC1(RESET8) + CC1(C8)+CC0(C8)),
(CO(Q8) + CC0(Q8) + CC0(RESET8) + CC1(D8)+CC1(C8) +CC0(C8))] =
= min [(22+11+3+1+1),(22+11+∞+1+1),(22+5+0+9+1+1)]=
= min [38, ∞, 38] = 38
SC0(C8) = min [(SO(Q8) + SC1(Q8) + SC0(D8) + SC1(C8)+SC0(C8)) ,
(SO(Q8) + SC1(Q8) + SC1(RESET8) + SC1(C8)+SC0(C8)),
(SO(Q8) + SC0(Q8) + SC0(RESET8) + SC1(D8)+SC1(C8) +SC0(C8))]+1 =
= min [(2+2+0+0+0),(2+2+∞+0+0),(2+1+0+1+0+0)] +1 =
= min [4, ∞, 34] +1= 5



фиг.1g

За наблюдаемостта на първичния вход Cl вземаме по-малката стойност от набюдаемостите на връзките C7 и C8, т.е. 4.

За наблюдаемостта на входовете на елемент 6 (OR) определяме:

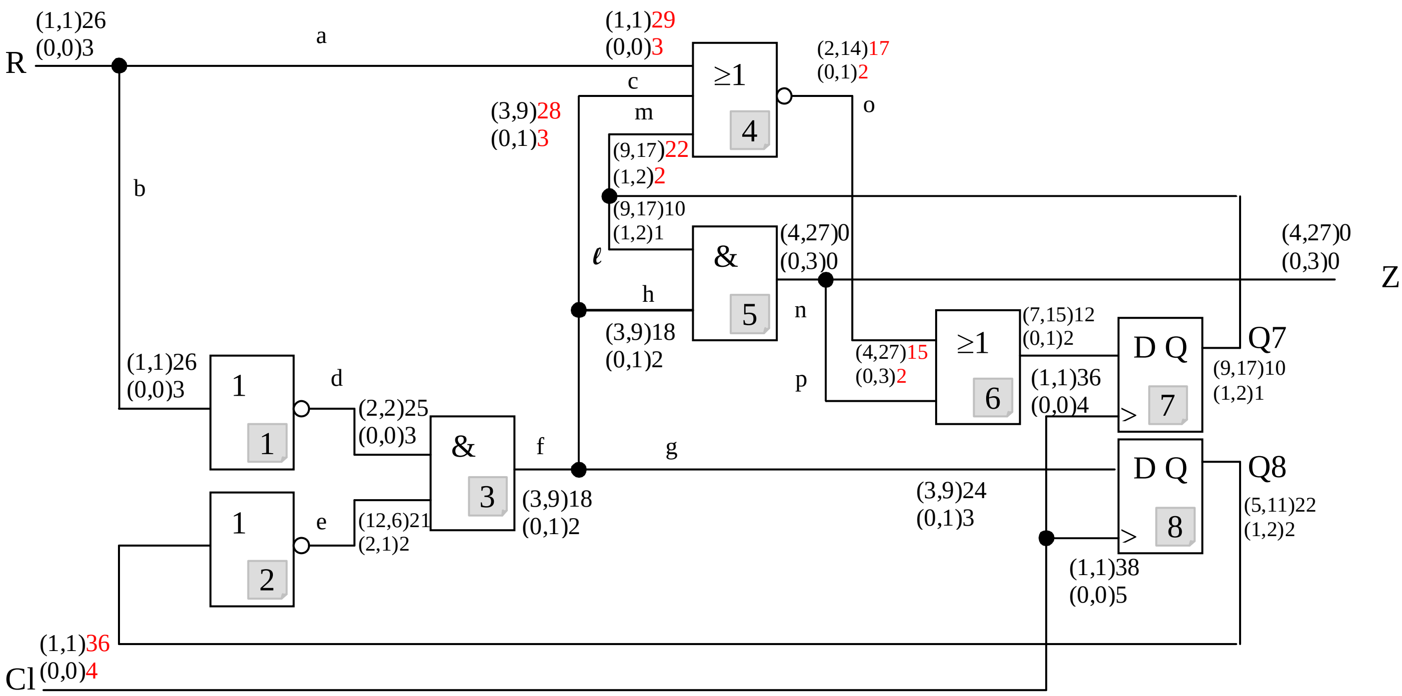
CO(o) = CO(D7) + CC0(p) +1 = 12+4+1=17
SO(o) = SO(D7) + SC0(p) = 2+0=2

CO(p) = CO(D7) + CC0(o) +1 = 12+2+1=15
SO(p) = SO(D7) + SC0(o) = 2+0=2

За наблюдаемостта на входовете на елемент 4 (NOR) определяме:

CO(a) = CO(o) + CC0(c) + CC0(m) +1 = 17+3+9=29
SO(a) = SO(o) + SC0(c) + SC0(m)=2+0+1=3
CO(c) = CO(o) + CC0(a) + CC0(m) +1 = 17+1+9+ 1=28
SO(c) = SO(o) + SC0(a) + SC0(m)=2+0+1=3
CO(m) = CO(o) + CC0(c) + CC0(a) +1 = 17+3+1+ 1=22
SO(m) = SO(o) + SC0(c) + SC0(a)=2+0+0=2

Наблюдаемостите на f и Q7 се запазват. За наблюдаемостите на Cl получаваме:
CO(Cl)=min(CO(C7), CO(C8))=min(36,38)=36
SO(Cl)=min(SO(C7), SO(C8))=min(4,5)=4



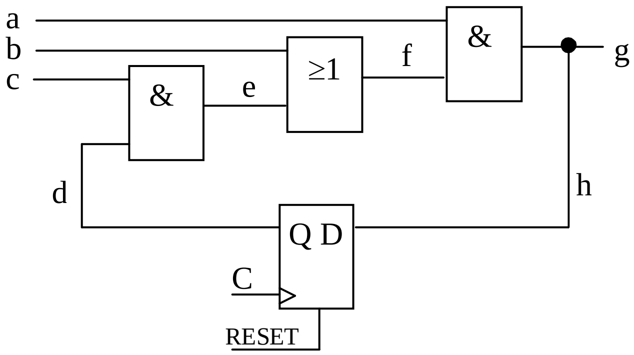
фиг.1h

Дължината на тестващия вектор за откриване на повреда слепване към 0 и към 1 за връзка R е:
T(R-sa0) = CC1(R) + CO(R) = 1 + 26 = 27;
T(R-sa1) = CC0(R) + CO(R) = 1 +26 =27;

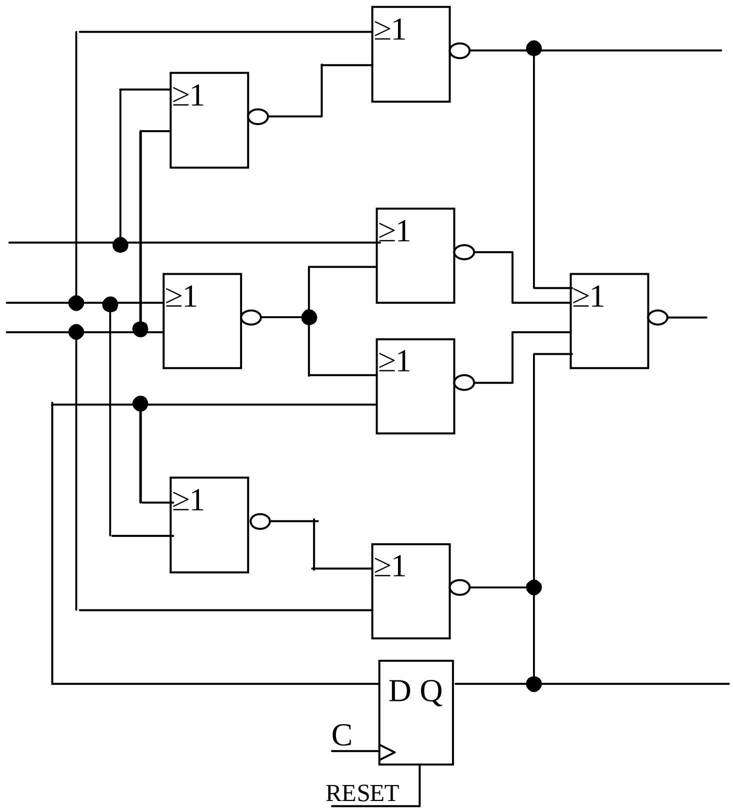
Дължината на тестващия вектор за откриване на повреда слепване към 0 и към 1 за връзка Q8 е:
T(Q8-sa0) = CC1(Q8) + CO(Q8) = 11 + 22 = 33;
T(Q8-sa1) = CC0(Q8) + CO(Q8) = 5 +22 =27;

Задача 1.

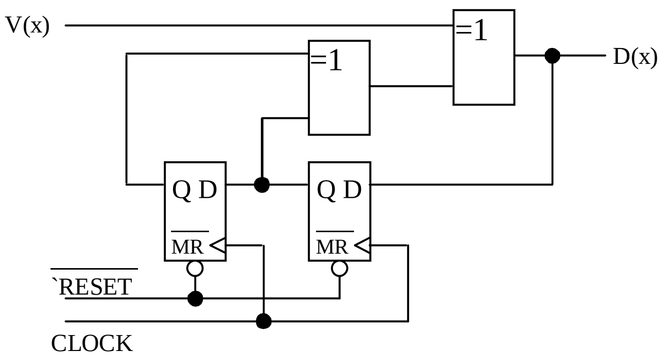
Определете тестабилността на схемите от фиг.2, 3, 4, 5, 6.



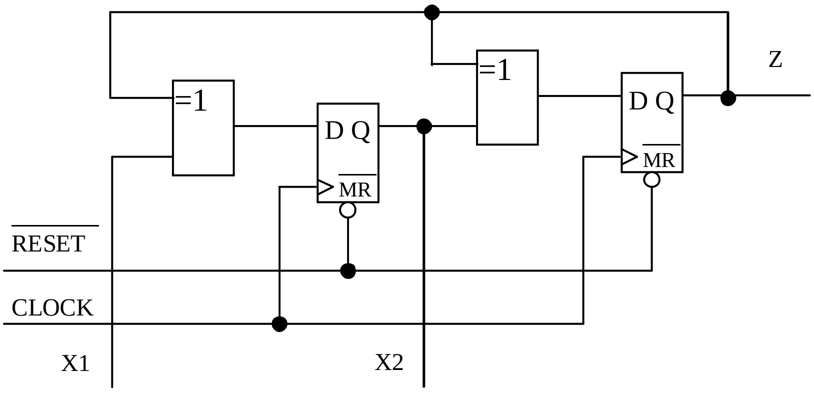
фиг.2



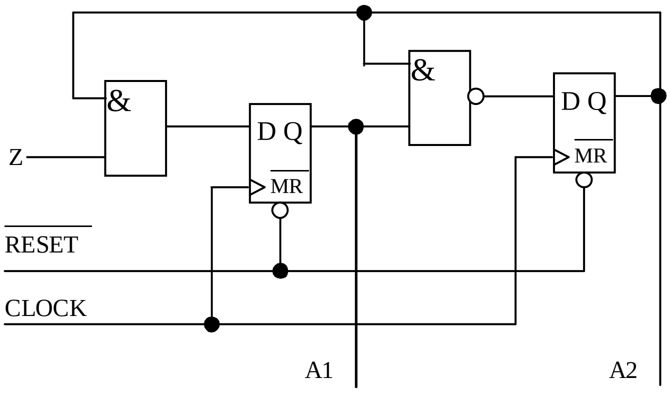
фиг.3



фиг.4



фиг.5



фиг.6