ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

1. **Цел на учебната дисциплина**

   Студентите да изучат и да могат да прилагат подходите, методите и техническите средства за анализ и синтезиране на цифрови схеми и устройства в съответствие със своите потребности и интереси, да придобиват нови знания и възможности в тази област.

2. **Аудиторна заетост**

- *Лекции*
- *Лабораторни упражнения* - задължително присъствие
- *Семинарни упражнения* - задължително присъствие
- *Курсова работа* - по избор
- *Самоподготовка* - по индивидуалната преценка

3. **Изпит**

   Провежда се с продължителност от два астрономически часа. Изпитът се състои от писмени отговори на 6 зададени проблемни въпроси и задачи за анализ и синтез на цифрови схеми, като е предвидена възможност за избор от страна на студентите.

ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

4. Използвани източници

1. Михов Г., Цифрова схемотехника за бакалавър-инженер по Електроника, ИПК на ТУ-София, 1998 г.
2. Конов К., Импулсни и цифрови схеми с интегрални TTL елементи, I и II част, Техника, 1985г.
3. Димитрова М., Ванков И., Импулсни схеми и устройства, Техника,1989г.
4. Янсен Й., Курс цифровой електроники – в 4-х томах, Москва Мир, 1987г.
5. Токхайм Р., Цифрова електроника, Техника, 1999 г.
6. У. Титце, К. Шенк, Полупроводниковая схемотехника, 1982 год., Москва „Мир”.
7. Хоровиц П., Хилл У., Изкуство схемотехники – 3 тома, 1993, Москва „Мир”.

ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

ТЕМА 1: Основни логически понятия. Цифрови сигнали. Логически състояния и нива. Логически функции - дефиниране, структурна схема, основни логически зависимости, минимизация на структурната схема на логически функции.

Основните понятия, използвани при описанието и анализа на логическите схеми са:

- Логически константи са двоичните стойности ‘0’ и ‘1’, съответстващи на ‘неистина’ и ‘истина’;
- Логическа променлива е всяка величина, която може да приема само две стойности – ‘0’ или ’1’.
- Логическа функция е всяка функция, която зависи от краен брой логически променливи и самата тя може да приема само две стойности – ‘0’ и ’1’. Всяка съвкупност от стойности на логическите променливи, от които зависи дадена логическа функция се нарича ‘набор’. Всеки набор има характеристичен номер, който представлява десетичния еквивалент на двоичната комбинация от стойностите на логическите променливи. За примерен набор (010) номерът на наборът е втори. Броят на наборите на една логическа функция с **n** на брой променливи е равен на $\mathbf{2^n}$, номерирани от 0 до ($\mathbf{2^n-1}$).

ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

Всяка логическа функция може да се опише (дефинира) по четири начина:

- **описателно** – указва се за кои набори функцията има стойност ‘1’ и за кои ‘0’.
- **таблично** – чрез таблица на истинност, която съдържа всички набори на логическата функция, подредени по нарастващ ред на номерата им и съответстващата на всеки набор стойност на логическата функция.
- **графичен** – при него за задаване на логическата функция се използва графична фигура, наречена ‘Карта на Вейч’.
- **аналитичен** – при него логическата функция се описва с аналитичен израз съдържащ логическите променливи и съответните логически операции.

ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

Пример за дефиниране на произволна логическа функци

- описателно

f(x1,x2,x3) = ‘1’ за набори с номера 0,3,4,7
‘0’ за всички ост. набори (1,2,5,6)

- графично

x1

x2				
x2		1	1	
	1			1

x3

- таблично

Nº	X1	X2	X3	f(x1,x2,x3)
0	0	0	0	1
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	1
4	1	0	0	1
5	1	0	1	0
6	1	1	0	0
7	1	1	1	1

- Аналитично

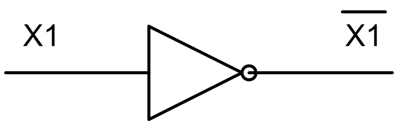
$$f(x1, x2, x3) =$$
$$\overline{x1}.\overline{x2}.\overline{x3} + \overline{x1}.x2.x3 + x1.\overline{x2}.\overline{x3} + x1.x2.x3$$

ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

Основни логически операции и реализацията им с логически елементи в интегрално изпълнение

1. Операция инвертиране - “НЕ” (NOT)

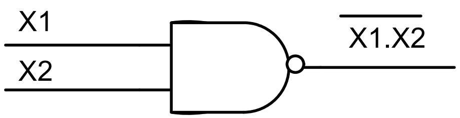
$$f1(x1) = \overline{x1}$$



Nº	x1	f1(x1)
0	0	1
1	1	0

3. Операция лог. умножение с инвертиране – “И-НЕ” (NAND)

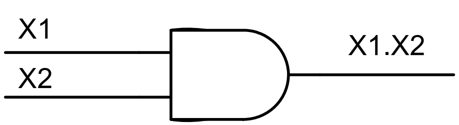
$$f3(x1, x2) = \overline{x1 . x2}$$



Nº	x1	x2	f3(x1,x2)
0	0	0	1
1	0	1	1
2	1	0	1
3	1	1	0

2. Операция лог. умножение – “И” (AND)

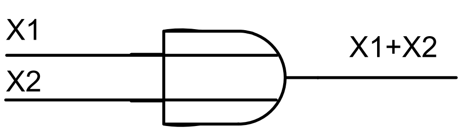
$$f2(x1, x2) = x1 . x2$$



Nº	x1	x2	f2(x1,x2)
0	0	0	0
1	0	1	0
2	1	0	0
3	1	1	1

4. Операция лог. събиране – “ИЛИ” (OR)

$$f4(x1, x2) = x1 + x2$$

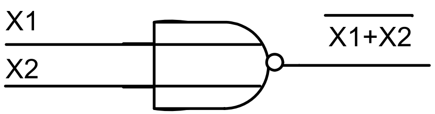


Nº	x1	x2	f4(x1,x2)
0	0	0	0
1	0	1	1
2	1	0	1
3	1	1	1

ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

5. Операция лог. събиране с инвертиране – “ИЛИ-НЕ” (NOR)

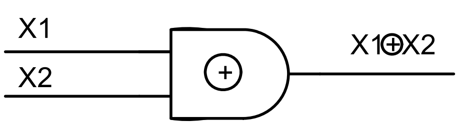
$$\mathbf{f5(x1,x2)} = \overline{\mathbf{x1 + x2}}$$



Nº	x1	x2	f5(x1,x2)
0	0	0	1
1	0	1	0
2	1	0	0
3	1	1	0

6. Операция за лог. неравнозначност - “сума по модул 2” (XOR)

$$\mathbf{f6(x1,x2)} = \mathbf{x1 \oplus x2}$$

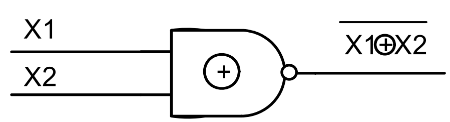


Nº	x1	x2	f6(x1,x2)
0	0	0	0
1	0	1	1
2	1	0	1
3	1	1	0

7. Операция за лог. равнозначност – (NXOR)

$$\mathbf{f7(x1,x2)} = \overline{\mathbf{x1 \oplus x2}}$$

Nº	x1	x2	f7(x1,x2)
0	0	0	1
1	0	1	0
2	1	0	0
3	1	1	1



ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

Структурната схема и минимизация на логическа функция.

Структурната схема на една логическа функция се съставя въз основа на аналитичен запис на функцията. Удобно е тя да се строи от входовете към изхода, като входните променливи се подават на входове в права форма и ако е необходимо - през инвертори за получаване на инверсна форма. Към входовете се свързват необходимите логически елементи (ЛЕ) съгласно съответната аналитична форма при спазване на реда на изпълнение на операциите.

Построената структурна схема се оценява по следните параметри:

- общ брой на използваните логически елементи - ЛЕ;
- брой използвани интегрални схеми - ИС;
- стъпалност - Ст - изразява се чрез най-големият брой логически елементи, през които преминава сигналът от който и да е вход към изхода.

За да се направи оценка на броя на използваните ИС, трябва да се знаят възможните комбинации на разполагането на логическите елементи в една ИС. При схемите с ниска и средна степен на интеграция възможните комбинации са:

6 x 1- входови ЛЕ; 4 x 2- входови ЛЕ; 3 x 3- входови ЛЕ;
2 x 4(5)- входови ЛЕ; 1 x 8- входов ЛЕ.

Минимизацията на логическата функция може да се извърши по два начина:

- Единият е чрез използване на законите на двоичната (Булевата) алгебра.
- Вторият начин за минимизация на логически функции на малък брой логически променливи е чрез използването на картите на Вейч и прилагането на определена последователност от правила.

ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

ОСНОВНИ ЗАКОНИ НА БУЛЕВАТА АЛГЕБРА

1. Комутативен закон	
$a+b=b+a$	$a.b=b.a$
2. Асоциативен закон	
$a+(b+c)=(a+b)+c$	$a.(b.c)=(a.b).c$
3. Дистрибутивен закон	
$a+(b.c)=(a+b).(a+c)$	$a.(b+c)=a.b+a.c$
4. Закон за повторение	
$a+a=a$	$a.a=a$
5. Закон на допълнението	
$a+\overline{a}=1$	$a.\overline{a}=0$
6. Закон за несъществените константи	
$a+0=a$	$a.1=a$

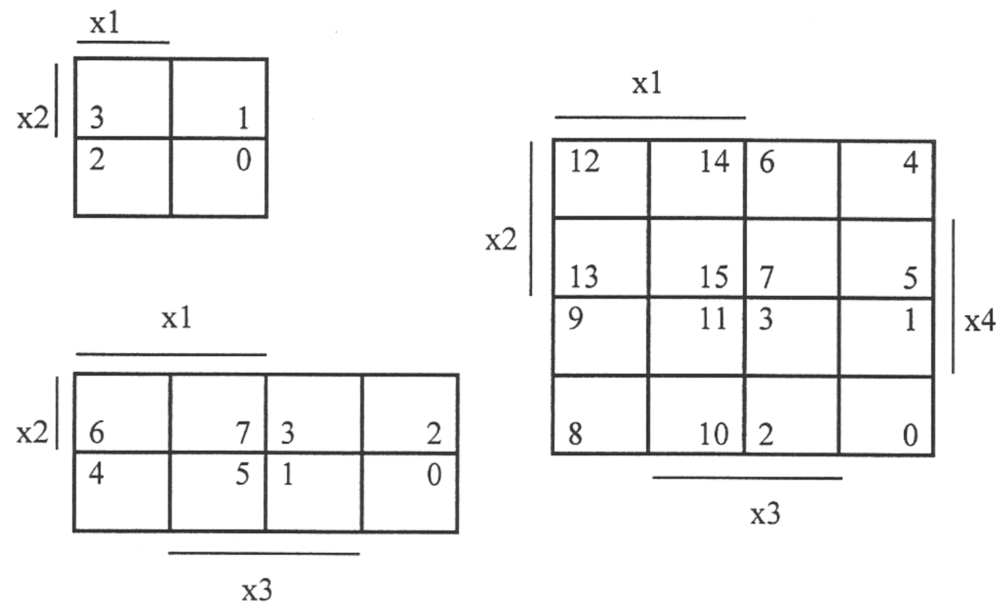
7. Закон за съществените константи	
$a+1=1$	$a.0=0$
8. Закон за слепване	
$a.b+a.\overline{b}=a$	$(a+b).(a+\overline{b})=a$
9. Закон за поглъщане	
$a+a.b=a$	$a.(a+b)=a$
10. Закон за съкращаване	
$a+\overline{a}.b=a+b$	$a.(\overline{a}+b)=a.b$
11. Теорема на Де Морган	
$\overline{a+b}=\overline{a}.\overline{b}$	$\overline{a.b}=\overline{a}+\overline{b}$
12. Закон за двойното отрицание	
$\overline{\overline{a}}=a$	

ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

Картата на Вейч за **n** променливи е равнинна фигура - квадрат или правоъгълник, разделен на **2^n** на брой клетки, които съответстват на наборите от входните променливи. За всяка променлива картата е разделена на две половини - права и инверсна. В правата половина се намират клетки, съответстващи на наборите, в които дадената променлива има стойност '1', а в инверсната половина са клетките на наборите, в които същата променлива има стойност '0'. Опростяването (минимизацията) на логическата функция се извършва по следните правила:

1. Логическата функция, зададена в таблична или описателна форма, се нанася в картата на Вейч, като се попълват само клетките, съответстващи на единичните и набори.

2. Единиците на функцията се 'слепват' във фигури, които могат да съдържат само по 2, 4, 8, 16 и т.н. (по степените на 2) на брой клетки. В карти на Вейч до 4 променливи се слепват съседни и симетрични (но никога диагонални) клетки, цели редове или стълбове, пълни квадрати или правоъгълници.



Разположение на наборите на лог. функция в карти на Вейч за 2, 3 и 4 променливи.

ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

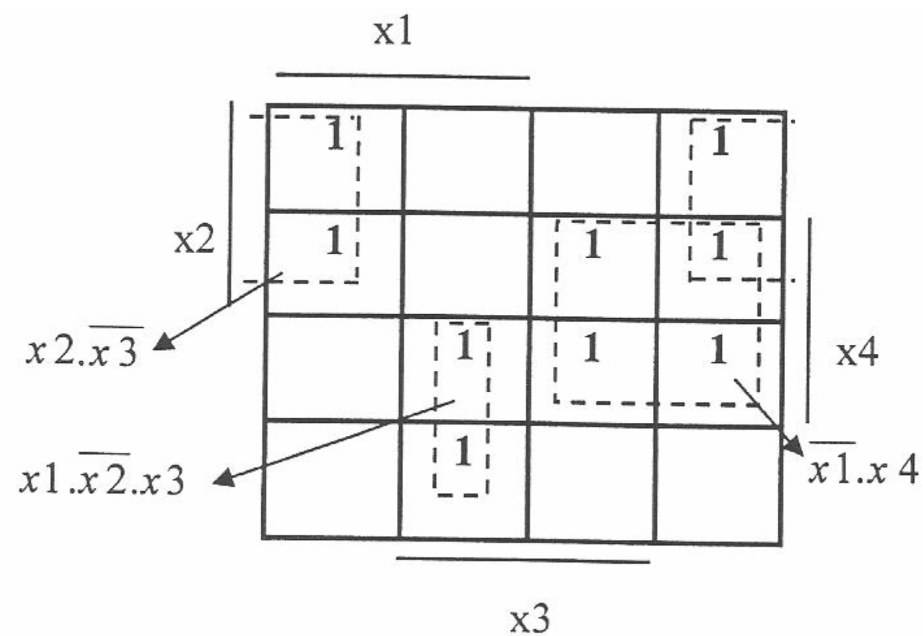
3. Всяка фигура от единици се описва като логическо произведение, в което участват само онези променливи, в чиито области (прави или инверсни) дадената фигура се включва изцяло. Ако една фигура е получена от слепването на **2^k** на брой променливи в съответната форма, тя се описва с ***(n-k)*** на брой променливи в съответната форма.

4. Опростената (минимална) форма на функцията се получава, като се намерят фигурите, включващи възможния най-голям брой единици и се вземе възможния най-малък брой такива фигури, които заедно покриват всички единици на функцията. Съответните логически произведения се свързват с логическо събиране.

С един пример ще илюстрираме прилагането на правилата за опростяване на логически функции чрез използването на картите на Вейч.

Функцията f(x1,x2,x3,x4) е зададена описателно.

f(x1,x2,x3,x4) = | '1' за набори 1, 3, 4, 5, 7, 10, 11, 12, 13
| '0' за всички ост. набори



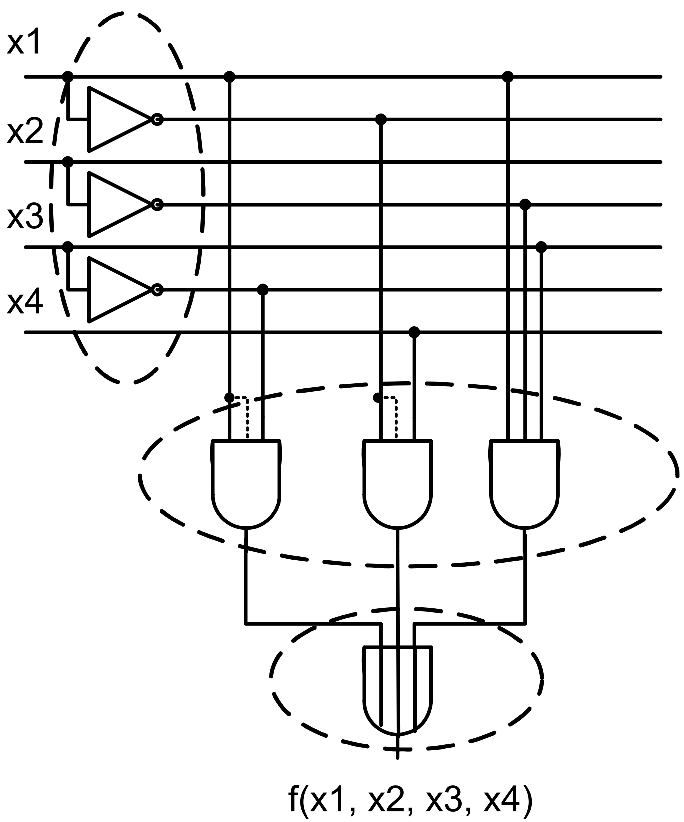
ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

Опростената форма се получава:

$$f(x1, x2, x3, x4) = x1.\overline{x3} + \overline{x1}.x4 + x1.\overline{x2}.x3$$

Структурна схема на опростената логическа функция след минимизация с карта на Вейч:

При оценката на структурната схема на функцията се получават:
- общ брой на използваните ЛЕ - 7;
- брой използвани ИС – 3
- стъпалност – 3.



Допълнително опростяване може да се постигне чрез прилагане на някои от законите на Булевата алгебра, както и чрез подходящо групиране на някои членове и изнасяне пред скоби на общата им част.
Ако върху получения аналитичен запис приложим последователно Закона за двойното отрицание (12) и Теоремата на Де Морган (11), ще получим следния запис:

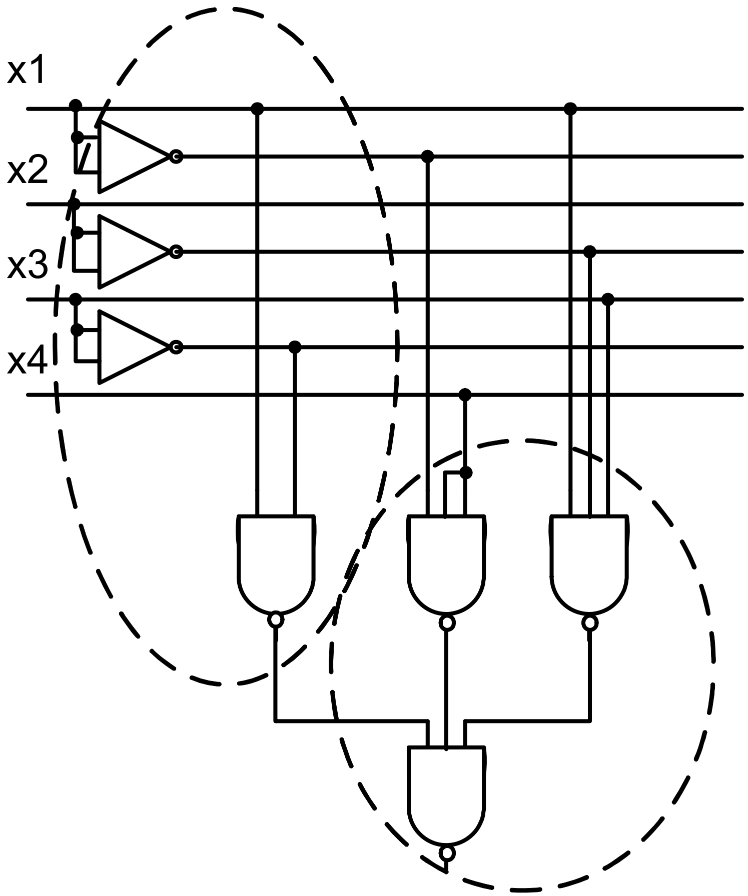
$$f(x1, x2, x3, x4) = \overline{\overline{x1.\overline{x3} + \overline{x1}.x4 + x1.\overline{x2}.x3}} =$$

$$= \overline{\overline{x1.\overline{x3}}.\overline{\overline{x1}.x4}.\overline{x1.\overline{x2}.x3}}$$

ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

Структурна схема на логическата функция след прилагане на 12 и 11 закони на Булевата алгебра

- общ брой на използваните ЛЕ - 7;
- брой използвани ИС – 2
- стъпалност – 3.



Друг подход е да групираме първия и третия член в аналитичния запис на функцията, като изнесем пред скоба общата им променлива x1. Последователно върху получения израз в скобите прилагаме Закона за съкращаване (10), Закона за двойното отрицание (12) и Теоремата на Де Морган (11). И накрая върху целият израз още веднъж прилагаме Закона за двойното отрицание (12) и Теоремата на Де Морган (11). Като краен резултат получаваме следния израз:

ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА

$$f(x1,x2,x3,x4) = x1.\overline{x3} + \overline{x1}.x4 + x1.\overline{x2}.x3 =$$

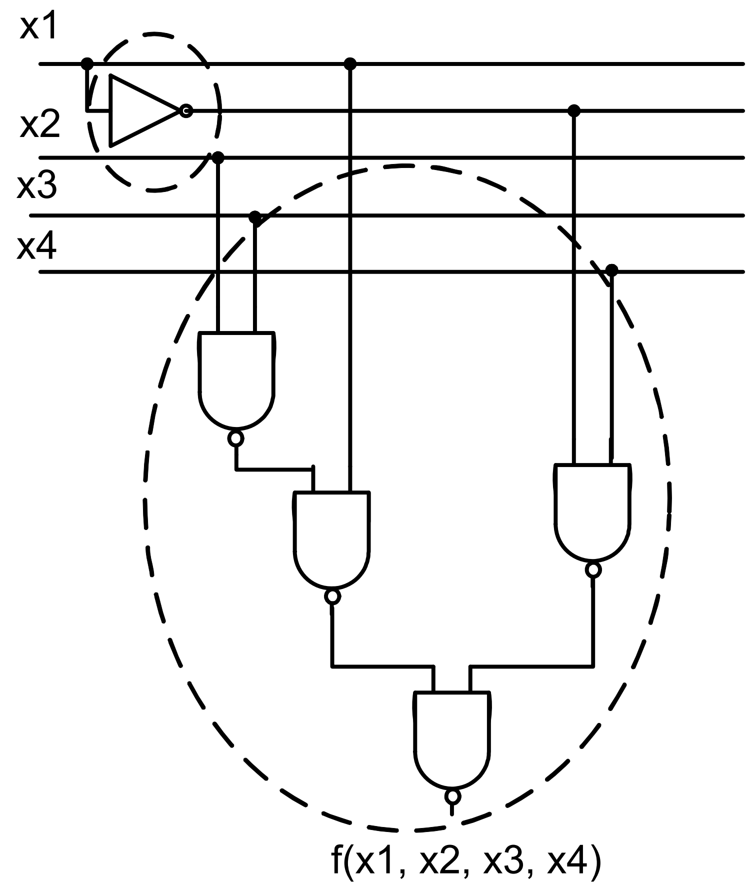
$$= x1.\left(\overline{x3} + \overline{x2}.x3\right) + \overline{x1}.x4 = x1.\left(\overline{x3} + \overline{x2}\right) + \overline{x1}.x4 =$$

$$= x1.\left(\overline{\overline{\overline{x3} + \overline{x2}}}\right) + \overline{x1}.x4 = x1.\left(\overline{\overline{\overline{x3}}.\overline{\overline{x2}}}\right) + \overline{x1}.x4 =$$

$$= x1.(\overline{x3.x2}) + \overline{x1}.x4 = \overline{\overline{x1.(\overline{x3.x2}) + \overline{x1}.x4}} =$$

$$= \overline{\overline{x1.(\overline{x3.x2})}.\overline{\overline{x1}.x4}}$$

За този аналитичен запис на функцията структурната схема е



Оценка на тази структурна схема на логическата функция:

- общ брой на използваните ЛЕ - 5;
- брой използвани ИС – 2 (една ИС елементи НЕ и една ИС дву-входови елементи И-НЕ) или (две еднотипни ИС дву-входови елементи И-НЕ);
- стъпалност – 4.