Цифровые и микропроцессорные устройства.
Ч.1: Цифровые устройства

Прищепа Сергей Леонидович,

д.ф.-м.н., профессор,

кафедра защиты информации,

Ауд. 502-III, тел. 293-23-17

prischepa@bsuir.by

Учебно-методическая литература

ОСНОВНАЯ

1. Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника : учебник для вузов / Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 768 с.
2. Безуглов, Д. А. Цифровые устройства и микропроцессоры: учебное пособие для вузов / Д. А. Безуглов, И. В. Калиенко. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. – 468 с.
3. Браммер, Ю. А. Цифровые устройства : учеб. пособие для вузов / Ю. А. Браммер, И. Н. Пащук. – М.: Высш. шк., 2004. – 229 с.
4. Угрюмов, Е. П. Цифровая схемотехника : учеб. пособие для вузов / Е. П. Угрюмов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 800 с.
5. Новиков, Ю. В. Основы цифровой схемотехники / Ю. В. Новиков. – М. : Мир, 2001. – 379 с.
6. Новожилов, О. П. Основы цифровой техники. – М. : ИП РадиоСофт, 2004. – 528 с.
7. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника : учебник для вузов. – М. : Высш.шк., 2004 – 790 с.
8. Микропроцессорные системы : учеб. пособие для вузов / Е. К. Александров [и др.] ; под общ. ред. Д. В. Пузанкова. – СПб. : Политехника, 2002. – 935 с.
9. Корнеев, В. В. Современные микропроцессоры / В. В.Корнеев, А. В. Киселев. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 448 с.
10. Петров С.Н., Прищепа С.Л. Цифровые и микропроцессорные устройства. Лабораторный практикум. Минск. БГУИР, 2013. – 74 с.
11. Прищепа С.Л. ЭРУД ЦиМПУ. Электронная библиотека БГУИР.

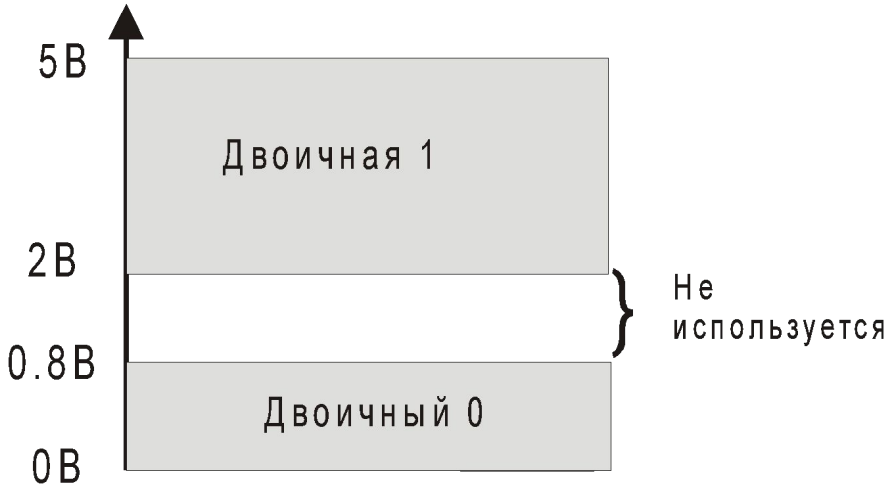
Учебно-методическая литература

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

12. Калабеков, Б. А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы : учебник для ссузов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 336 с.
13. Грушвицкий, Р. И. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики / Р. И. Грушвицкий, А. Х. Мурсаев, Е. П. Угрюмов. – СПб. : БХВ, 2002. – 608 с.
14. Уэйкерли, Дж. Проектирование цифровых устройств. В 2 т. / Дж. Уэйкерли ; пер. с англ. – М. : Постмаркет, 2002. – 1072 с.
15. Точи, Р. Д. Цифровые системы. Теория и практика, / Р. Д. Точчи, Н. С. Уидмер ; пер. с англ. – 8-е изд. – М. : Издат. дом «Вильямс», 2004. – 1024 с.
16. Хернитер, М. Е. Multisim. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств / М. Е. Хернитер ; пер. с англ. – М. : Изд. дом «ДМК-Пресс», 2006. – 488 с.
17. Микропроцессорные системы: учебное пособие для вузов/ Е.К. Александров, Р. Н. Грушвицкий, М.С. Куприянов, и др./ Под общ. Ред. Д.В. Пузанова. – СПб.: Политехника, 2002. – 935 с.
18. Бродин В.Б. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики / В. Б. Бродин, А. В. Калинин. – М. : ЭКОМ, 2002. – 400 с.
19. Яценков, В. С. Микроконтроллеры Microchip : практич. руководство / В. С. Яценков. – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 296 с.

Логические переменные и Булева алгебра

Переменные в алгебре логики могут принимать только ДВА значения: «0» и «1». В электронике Булевы 0 и 1 не являются реальными величинами, а представляют собой логические уровни.

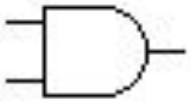


В цифровых схемах точное значение напряжения не важно.

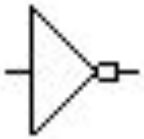
Основные действия в Булевой алгебре

- ИЛИ (дизъюнкция) «+», «v»

- И (конъюнкция) ″. ″, ″ $\wedge$ ″

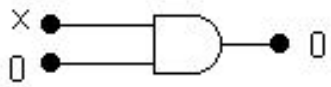


- НЕ (инверсия) $\overline{X}$

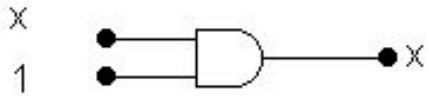


Теоремы для одной переменной

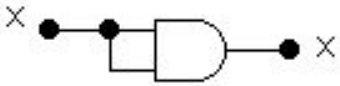
$$x \cdot 0 = 0$$



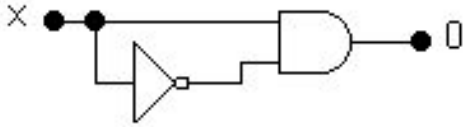
$$x \cdot 1 = x$$



$$x \cdot x = x$$

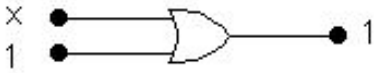


$$x \cdot \overline{x} = 0$$



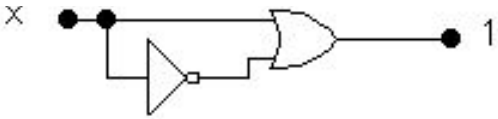
$$x + 0 = x$$

$$x + 1 = 1$$



$$x + x = x$$

$$x + \overline{x} = 1$$



Законы Булевой алгебры

1. Переместительный

(Закон коммутативности)

$$a + b = b + a$$

$$a \cdot b = b \cdot a$$

2. Сочетательный
(Закон ассоциативности)

$$\left(a + b\right) + c = a + \left(b + c\right)$$

$$a \cdot \left(b \cdot c\right) = \left(a \cdot b\right) \cdot c$$

3. Распределительный (Закон дистрибутивности)

$$a \cdot \left(b + c\right) = a \cdot b + a \cdot c$$

$$a + b \cdot c = \left(a + b\right) \cdot \left(a + c\right)$$

$$\left\{\begin{array}{l} a + b \cdot c = a \cdot \left(1 + b + c\right) + b \cdot c = a + a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c \\ = c \cdot \left(a + b\right) + a \cdot \left(a + b\right) = \left(a + b\right) \cdot \left(a + c\right) \end{array}\right\}$$

4. Закон поглощения

$$a + a \cdot b = a$$

$$\{a \cdot (1 + b) = a \cdot 1 \equiv a\}$$

$$\overline{a} + \overline{a} \cdot \overline{b} = \overline{a}$$

5. Закон склеивания

$$a \cdot b + a \cdot \overline{b} = a$$

$$\overline{a} \cdot \overline{b} + \overline{a} \cdot b = \overline{a}$$

6. Закон отрицания (правило **де Моргана**)

$$\overline{a + b} = \overline{a} \cdot \overline{b}$$

$$\overline{a \cdot b} = \overline{a} + \overline{b}$$

Правило де Моргана справедливо для ЛЮБОГО числа переменных!!!

$$\overline{a + b + c + \ldots + z} = \overline{a} \cdot \overline{b} \cdot \overline{c} \cdot \ldots \cdot \overline{z}$$

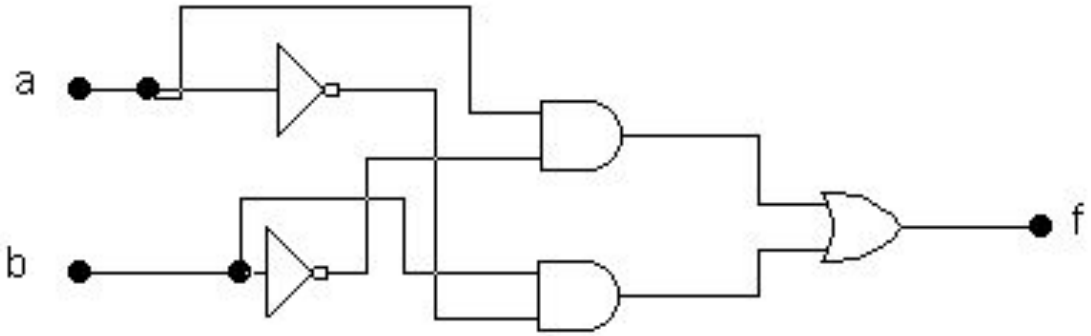
$$\overline{a \cdot b \cdot c \cdot \ldots \cdot z} = \overline{a} + \overline{b} + \overline{c} + \ldots + \overline{z}$$

$$\overline{\overline{ab} \cdot \overline{cd} \cdot \overline{ef}} = \overline{\overline{ab}} + \overline{\overline{cd}} + \overline{\overline{ef}} = ab + cd + ef$$

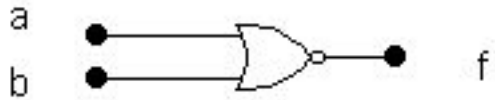
Функционально полная система логических элементов

- Булевский базис И, ИЛИ, НЕ – функционально полный

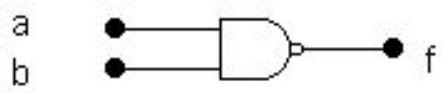
$$f = a\bar{b} + \bar{a}b$$



Логические элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ

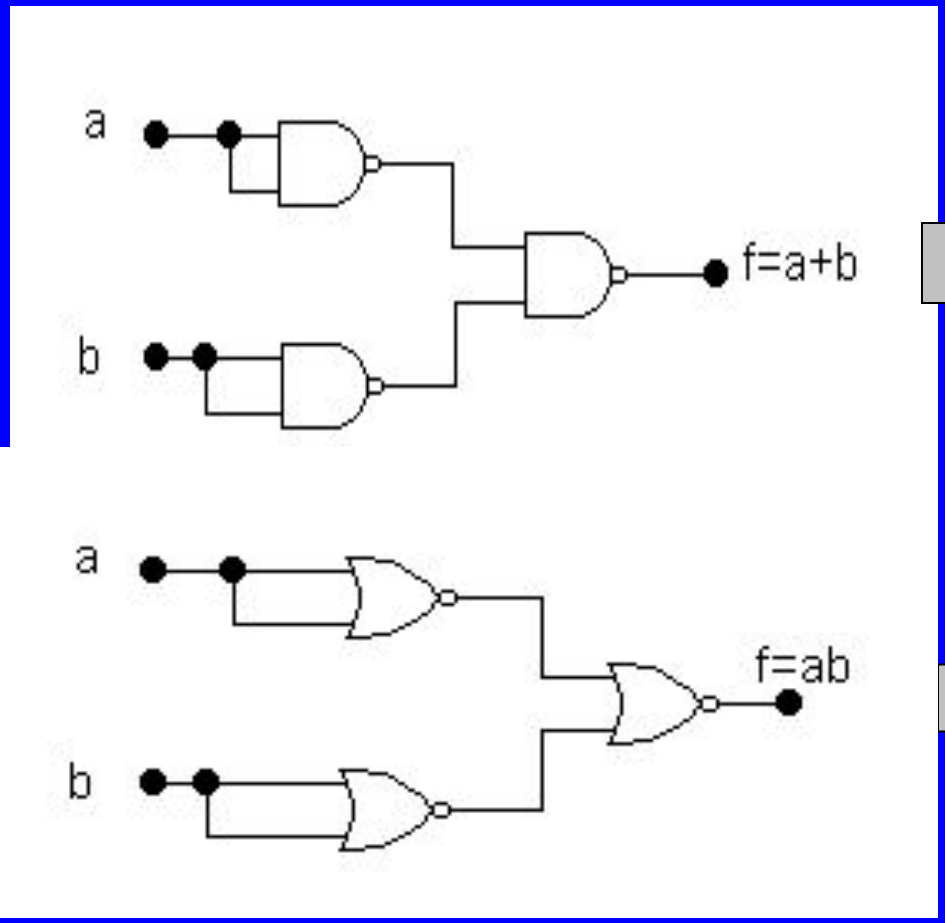
- ИЛИ-НЕ 

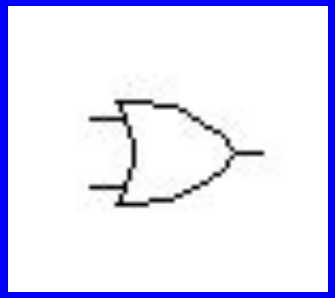
$$f = \overline{a \vee b}$$
- НЕ: $\overline{a \vee 0 \vee 0 \vee \ldots} = \overline{a}$
- ИЛИ: $\overline{\overline{a \vee b \vee c}} = a \vee b \vee c$
- И: $\overline{\overline{a} \vee \overline{b}} = a \cdot b$ (правило де Моргана)

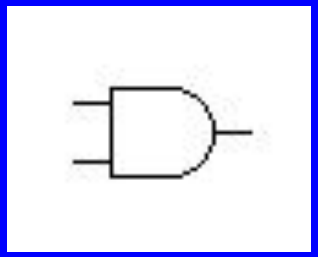
- И-НЕ 

$$f = \overline{a \cdot b}$$
- НЕ: $\overline{a \cdot 1 \cdot 1 \cdot \ldots \cdot 1} = \overline{a}$
- И: $\overline{\overline{a \cdot b}} = a \cdot b$
- ИЛИ: $\overline{\overline{a} \cdot \overline{b}} = a \vee b$ (правило де Моргана)

Универсальность логических элементов И-НЕ и ИЛИ-НЕ







Последовательность синтеза КЛС:

- составление таблицы истинности;
- запись булева выражения для требуемой схемы;
- минимизация логической функции.

Пример: построение мажоритарной ячейки на три входа

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

КЛС

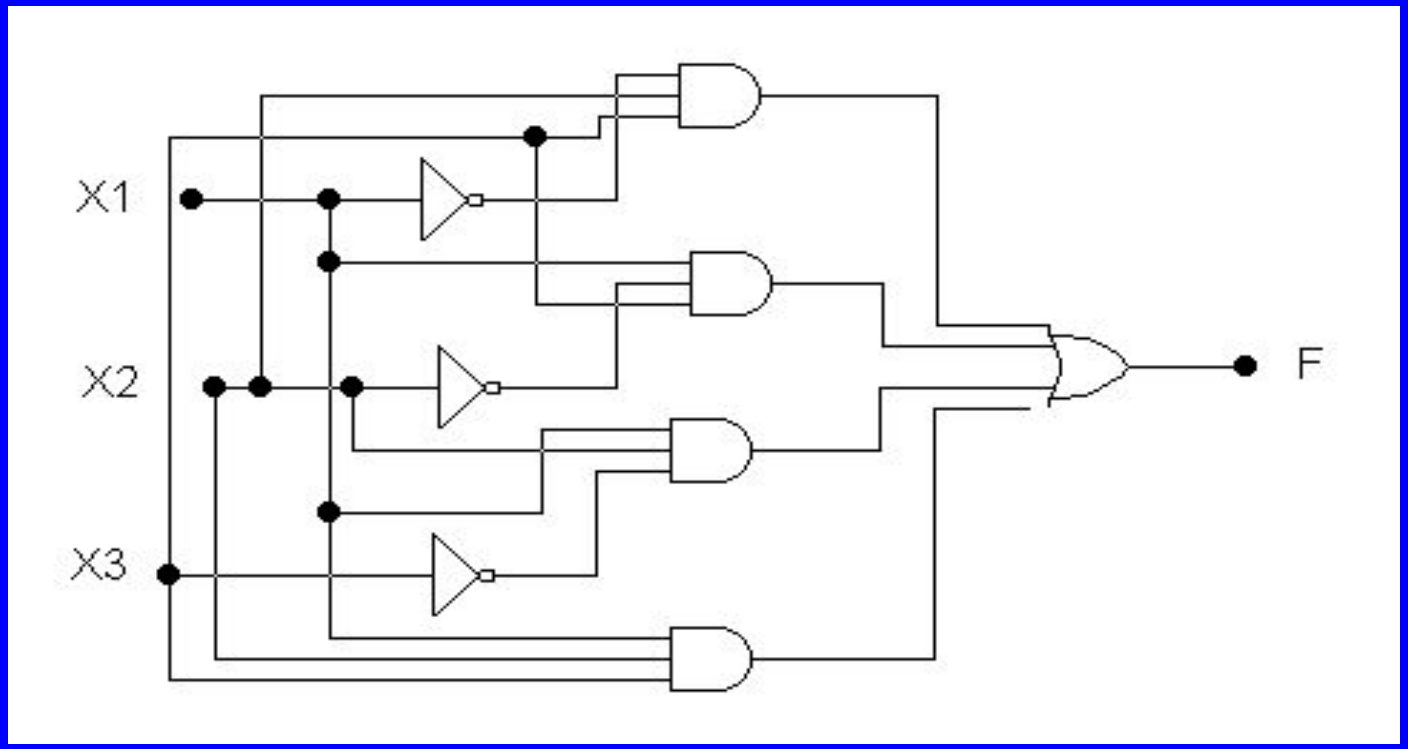
КЛС – это такая схема, выходные сигналы которой определяются исключительно действующими в данный момент времени сигналами на входах. КЛС не обладают памятью.

Таблица истинности

№	X1	X2	X3	**F**
0	0	0	0	**0**
1	0	0	1	**0**
2	0	1	0	**0**
3	0	1	1	**1**
4	1	0	0	**0**
5	1	0	1	**1**
6	1	1	0	**1**
7	1	1	1	**1**

Булево выражение

$$F = \overline{X1}X2X3 + X1\overline{X2}X3 + X1X2\overline{X3} + X1X2X3$$



Минимизация булевого выражения

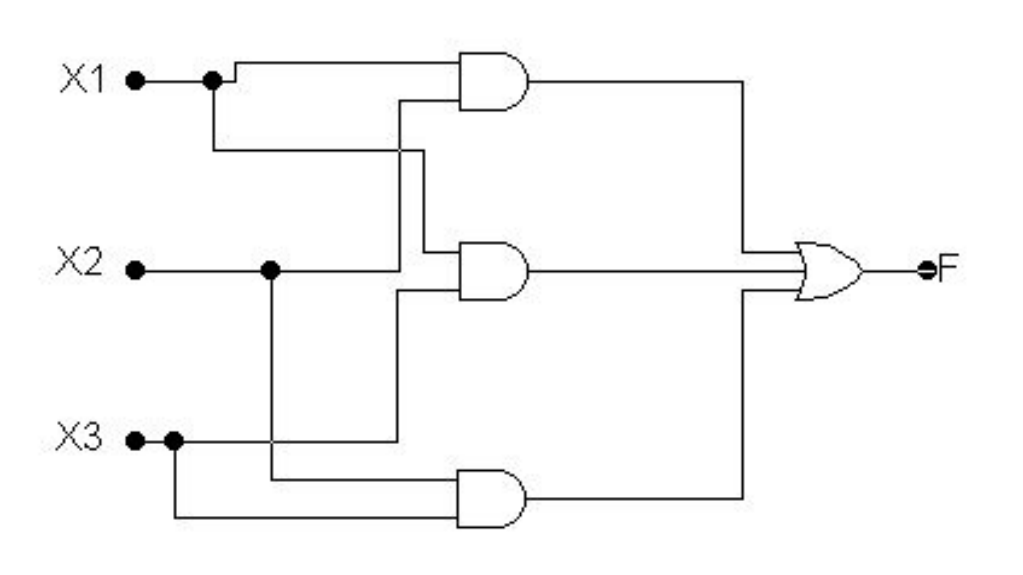
$$F = \underline{\overline{X1}X2X3} + \underline{\underline{X1\overline{X2}X3}} + \underline{\underline{\underline{X1X2\overline{X3}}}} + \underline{X1X2X3} =$$

$$= \{a + a = a\} =$$

$$= \left(\overline{X1}X2X3 + X1X2X3\right) + \left(X1\overline{X2}X3 + X1X2X3\right) + \left(X1X2\overline{X3} + X1X2X3\right) =$$

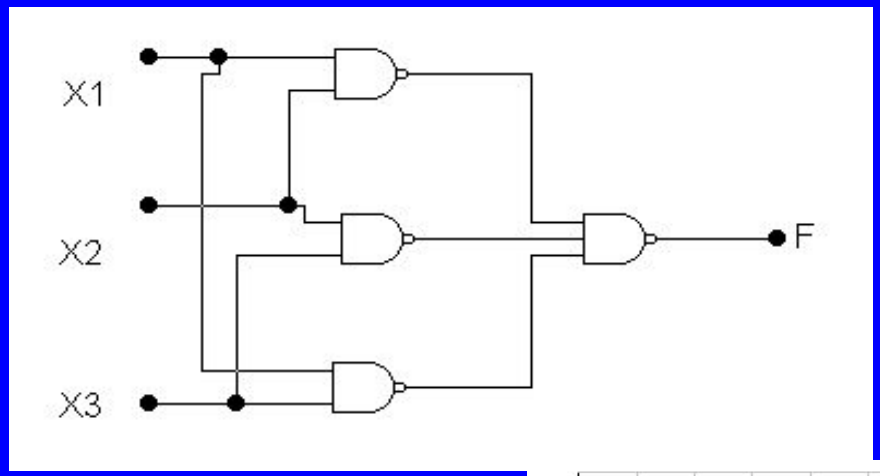
$$= X2X3(\overline{X1} + X1) + X1X3(\overline{X2} + X2) + X1X2(\overline{X3} + \overline{\overline{X3}}) =$$

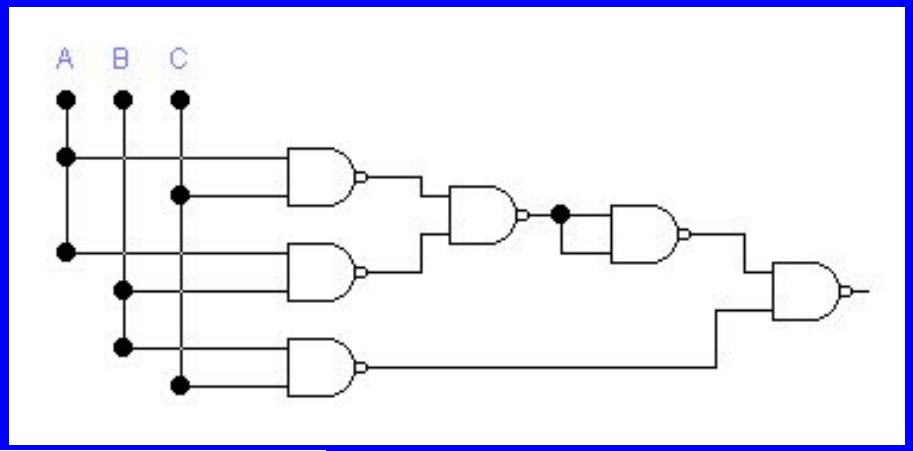
$$= X2X3 + X1X3 + X1X2.$$

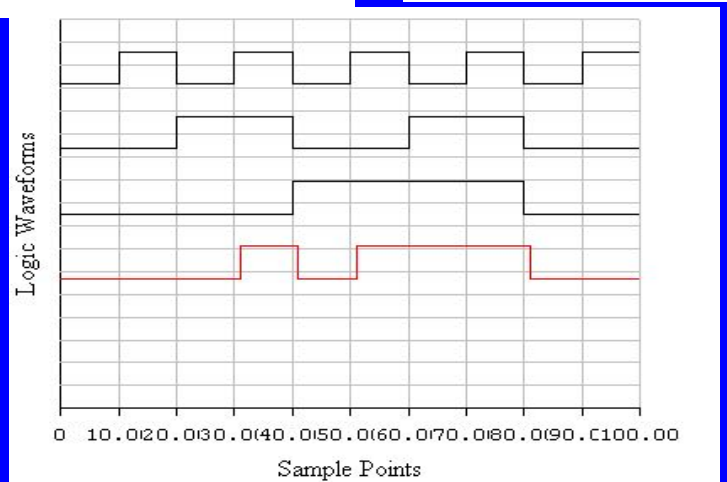


Сведем к базису И-НЕ (по теореме де Моргана)

$$F = \overline{\overline{X2X3 + X1X3 + X1X2}} = \overline{\overline{X2X3} \cdot \overline{X1X3} \cdot \overline{X1X2}}$$







Метод карт Карно

1. Функцию следует привести к Дизъюнктивной Нормальной Форме (ДНФ – нормальная форма, в которой булева формула имеет вид нескольких простых конъюнкций).
2. Заполняется прямоугольная таблица, в которой число клеток равно числу минтермов.
3. Каждой клетке таблицы ставится в соответствие определенная конъюнкция.
4. В соседних клетках (а также снизу и сверху, слева и справа) конъюнкции отличаются не более, чем одним сомножителем (принцип соседнего кодирования).
5. В соответствующую клетку ставится «1», если минимизируемая функция при данном наборе аргументов равна 1. В остальные клетки вписываются 0.

$$F = \overline{X1}X2X3 + X1\overline{X2}X3 + X1X2\overline{X3} + X1X2X3$$

	$X2X3$	$X2\overline{X3}$	$\overline{X2}\ \overline{X3}$	$\overline{X2}X3$
X1	1	1	0	1
$\overline{X1}$	1	0	0	0

- F=X1X2+X1X3+

Правила проведения контуров

1. Контур должен быть прямоугольным.
2. Внутри контура д.б. только клетки, заполненные «1».
3. Число клеток, находящихся внутри контура, д.б. Целой степенью числа 2 (1,2,4,8,16,…). (Число 6 быть не может!!!).
4. Одни и те же клетки, заполненные «1», могут входить в несколько контуров.
5. При проведении контуров самая нижняя и самая верхние строки таблицы считаются соседними, то же – для крайне левого и крайне правого столбцов.
6. Число контуров д.б. как можно меньшим, а сами контуры – как можно большими.
7. Соседние столбцы должны отличаться друг от друга только одной переменной.