

**Домашнее задание № 2**  
**по курсу «Электротехника и электроника»**  
**тема «Проектирование узлов цифровой электронной техники».**  
**Методические указания**

**Цель работы:** освоение методов синтеза сложного логического устройства с использованием различных способов минимизации, применяя для этого различные логические элементы и схемы.

### **1 Задание**

1. Составить таблицу истинности для логической функции с четырьмя логическими переменными и одной выходной функцией для своего варианта (см. таблицу приложение 1).

Для этого следует перевести значение заданной выходной величины  $Q$ , представленной в шестнадцатеричной системе счисления, в двоичную систему и записать в таблицу истинности.

2. Записать уравнение, связывающее входные и выходные сигналы, в совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ). Провести принципиальный синтез логической схемы с четырьмя входами (0 - 3) и одним выходом, реализующую таблицу истинности по пункту 1, с использованием простых логических элементов: И, ИЛИ, НЕ.

3. Минимизировать полученное выражение в совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ) к минимизированной дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ) с использованием карт Карно - Вейча. Записать полученное логическое уравнение.

4. Изобразить логическую схему, соответствующую минимизированному уравнению, в базисе И, ИЛИ, НЕ.

5. Перевести минимизированное уравнение в базис И – НЕ. На основании этого уравнения построить электрическую принципиальную схему устройства.

6. Провести принципиальный синтез логической схемы с четырьмя входами (0 - 3) и одним выходом, реализующую таблицу истинности по пункту 1, с использованием дешифратора и логических микросхем.

7. Провести моделирование спроектированного устройства в базисе И-НЕ с использованием программной среды Multisim и сравнить полученные таблицы истинности и минимизированные уравнения устройства с данными, полученными в п.3 задания.

### **2 Указания по оформлению работы**

- 1) Номер варианта соответствует номеру в учебном журнале для первой группы СМ4 61, для второй группы СМ4-62 к номеру в журнале прибавить число 20., для первой группы СМ6-61 к номеру в журнале прибавить число 40, для второй группы СМ4-62 к номеру в журнале прибавить число 60. Варианты задания представлены в приложении 1.
- 2) Домашнее задание выполняется на листах формата А4 с одной стороны листа.
- 3) Выполнить чертеж схемы и её элементов в соответствии с ГОСТом. Образец оформления титульного листа представлен в приложении 2.
- 4) Каждый пункт задания должен иметь заголовок. Формулы, расчёты должны сопровождаться необходимыми пояснениями и выводами.
- 5) Если студент сделал ошибки при выполнении домашнего задания, то исправление проводится на отдельных листах с заголовком «Работа над ошибками».
- 6) Срок выполнения домашнего задания 14 неделя семестра.

### 3. Теоретические сведения

Единицей информации в цифровых системах является *бит* (Binary digit).

Бит может принимать два значения – ноль и единицу.

Группа из восьми бит составляет *байт*.

1 байт = 8 бит – двоичное слово. 1 Кбайт = 1024байт =  $2^{10}$ байт, 1 Мбайт= 1024 Кбайт

16 бит = 2 байта – машинное слово

4 бита =  $\frac{1}{2}$  байта – тетрада

#### 3.1. Системы счисления

Системы счисления (десятичная, двоичная, шестнадцатеричная) – это способ изображения произвольного числа набором цифр.

- Десятичная система счисления использует цифры от 0 до 9 натурального числового ряда.
- В цифровых электронных устройствах (ЦЭУ) используют двоичную систему счисления, в которой используются две цифры 0 и 1, запись числа представляет собой последовательность из единиц и нулей.

- Шестнадцатеричная система счисления (с основанием 16) более компактна по сравнению с двоичной системой счисления, в ней используются цифры от 0 до 9 натурального числового ряда и буквы A=10, B=11, C=12, D=13, E=14, F=15.

### Двоичная система счисления



$$0000.0000_2 = 0_{(10)}$$

$$0000.0011_2 = 3_{(10)}$$

$$0000.0001_2 = 1_{(10)}$$

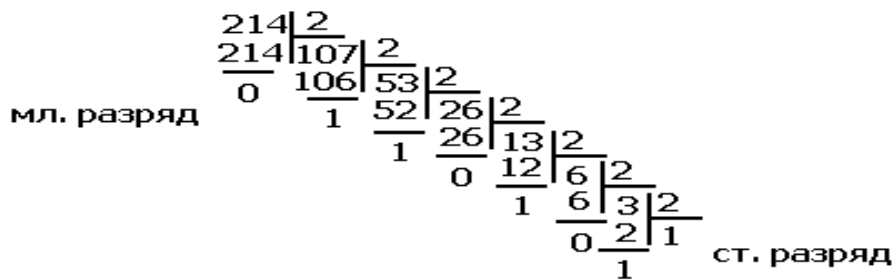
Перевод из двоичного числа в десятичную форму.

Пример.

$$\begin{aligned} 00010100 &= \\ &= 2^7 \cdot 0 + 2^6 \cdot 0 + 2^5 \cdot 0 + 2^4 \cdot 1 + 2^3 \cdot 0 + 2^2 \cdot 1 + 2^1 \cdot 0 + 2^0 \cdot 0 = 16 + 4 = 20 \end{aligned}$$

Перевод из десятичного в двоичное число производится делением числа на 2.

Пример.



$$\begin{matrix} 1101 & 0110 \\ \text{ст. разряд} & \text{мл. разряд} \end{matrix} = 214_{(10)}$$

### 3.2 Алгебра логики.

- Каждый конкретный набор значений переменных может рассматриваться в виде  $n$ -битного двоичного кода, поэтому количество таких наборов  $m = 2^n$ .
- Любая Булева функция переменных может быть задана таблицей истинности, либо аналитическим способом в виде логических выражений.

#### 3.3.1 Правила и соотношения в алгебре логики

Применимы переместительный и сочетательный законы математики

- $A + B = B + A$
- $AB = BA$
- $A(B + C) = AB + AC$
- $ABC + AC + AB + BC = AC(B + 1) + B(A + C)$

### 3.4 Таблица соответствия систем счисления

Двоичное число	Десятичное число	Шестнадцатеричное число
0000	0	0
0001	1	1
0010	2	2
0011	3	3
0100	4	4
0101	5	5
0110	6	6
0111	7	7
1000	8	8
1001	9	9
1010	10	A
1011	11	B
1100	12	C
1101	13	D
1110	14	E
1111	15	F

## 4 Логические элементы

Двоичный логический элемент представляет собой электронную цепь, выходное состояние которой описывается одной из основных булевых функций.

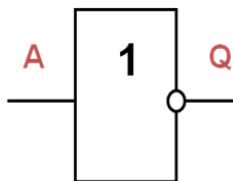


### 4.1 элемент «НЕ» элемент имеет только один вход

Таблица истинности

A	Q
0	1
1	0

Обозначение

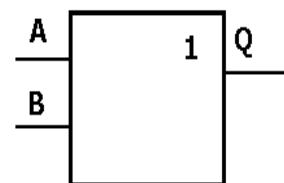


### 4.2 Логический элемент «ИЛИ»

Таблица истинности

A	B	Q
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

обозначение



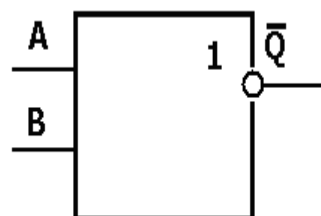
Структурная формула  $Q = \bar{A}$

### 4.3 «ИЛИ-НЕ» - элемент (инверсная дизъюнкция)

Таблица истинности

A	B	Q
0	0	1
1	0	0

Обозначение



0	1	0
1	1	0

Структурная формула

$$Q = \overline{A + B}$$

#### 4.4 «И» - логическое умножение (конъюнкция)

Обозначение

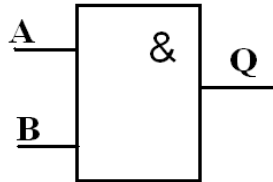


Таблица истинности

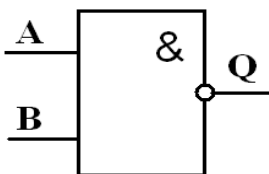
A	B	Q
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Структурная формула

$$Q = A \times B$$

#### 4.5 «И-НЕ» - элемент (инверсная конъюнкция)

Обозначение



Структурная формула

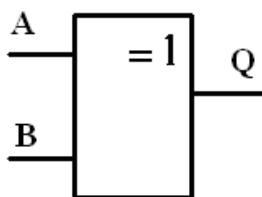
$$Q = \overline{A \times B}$$

Таблица истинности

A	B	Q
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

#### 4.6 Исключающее ИЛИ

Обозначение



Структурная формула  $A \oplus B = Q$

Таблица истинности

A	B	Q
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

#### 4.7 Комбинированные логические элементы

- объединяются элементы «НЕ» «И» «ИЛИ» и др. для реализации более сложных логических функций
- Шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры, демультиплексоры, полусумматоры и т.д.

##### 4.7.1 Синтез логических схем

Синтез логических схем – составление логических схем по заданной таблице истинности.

Правила синтеза:

1. По выходной величине Q определяются количество «0» и «1», если «0» < «1», то синтез осуществляется по строкам, где  $Q=0$  (если «1» < «0», то, где  $Q=1$ )
2. Каждая строка реализуется одним элементом «И» с соответствующими элементами «НЕ» на входах.
3. Устройство «ИЛИ», если синтезируем по «1» «ИЛИ-НЕ», если синтезируем по «0» осуществляет преобразование сигналов в выходную величину Q.

##### 4.7.2 Минимизация с помощью карт Карно

1. Минимизация с помощью карт Карно или с помощью совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ)
2. Составляется структурная формула
3. Составляется карта Карно для двух, трёх, четырёх и т.д. переменных

для двух переменных

	$\bar{B}$	$B$
$\bar{A}$		
$A$		

для трёх переменных

	$\bar{C}$	$C$
$\bar{A}\bar{B}$		
$\bar{A}B$		
$AB$		
$A\bar{B}$		

#### 4.7.3 Теоремы Де Моргана

Дополнение суммы равно произведению дополнений переменных

$$\overline{A+B+C} = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}$$

Дополнение произведения равно сумме дополнений переменных

$$\overline{ABC} = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C}$$

#### 4.7.4 Набор правил Булевой алгебры

$A + 0 = A$	$A \cdot 1 = A$
-------------	-----------------



$A + 1 = 1$	$A \cdot A = A$
$A + A = A$	$\bar{A} \cdot A = 0$
$A + \bar{A} = 1$	$A \cdot B = B \cdot A$
$A + B = B + A$	$A(B+C) = (B A)+(AC)$
$A + BC = (B + A)(A+C)$	$A \cdot (\bar{A} + B) = A \cdot B$
$A + AB = A$	$A(A + B) = A$
$A + \bar{A}B = A + B$	$\bar{A} \cdot \bar{A} = \bar{A}$
$\bar{A} + AB = \bar{A} + B$	$A \cdot B + B \cdot A = AB$
$\bar{A} + \bar{A} = \bar{A}$	$\bar{A} \cdot (A + B) = \bar{A}B$
$\bar{A} \cdot 0 = 0$	$\bar{A} \cdot \bar{B} + A \cdot \bar{B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$

#### 4.7.5 Пример

Дано:

$$\bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}C + ABC = Q$$

Запишем уравнение в совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ)

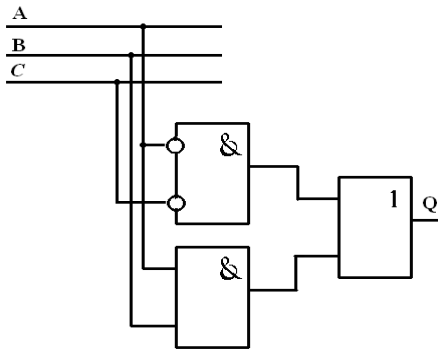
$$\bar{A}\bar{C}(\bar{B} + B) + AB(\bar{C} + C) = Q$$

$$\bar{A}\bar{C} + AB = Q$$

Карта Карно

	$\bar{C}$	$C$
$\bar{A}\bar{B}$	1	0
$\bar{A}B$	1	0
$A\bar{B}$	1	1
$AB$	0	0

Итоговая схема



4.7.6 Дешифратор – комбинационная схема, обеспечивающая формирование для  $n$ -входовой схемы активного сигнала только на одном из его  $m = 2^n$  выходов.

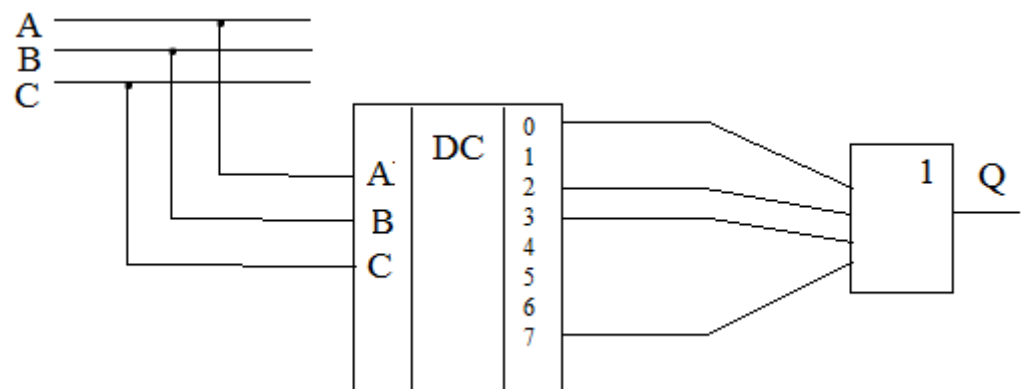
Обозначение	Таблица истинности					
	A	B	Q1	Q2	Q3	Q4
	0	0	1	0	0	0
	1	0	0	1	0	0
	0	1	0	0	1	0
	1	1	0	0	0	1

4.7.7 Для нашего примера синтезируем устройство, используя дешифратор

$$\bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}\bar{C} + ABC = Q$$

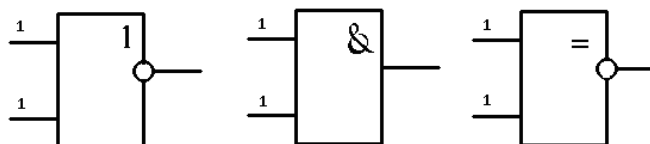
Составить таблицу истинности

A	B	C	Q
0	0	0	1
1	0	0	0
0	1	0	1
1	1	0	1
0	0	1	0
1	0	0	0
0	1	1	0
1	1	1	1

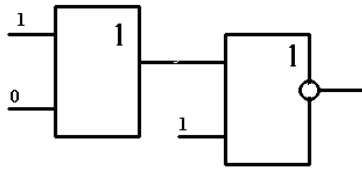


5 Контрольные вопросы:

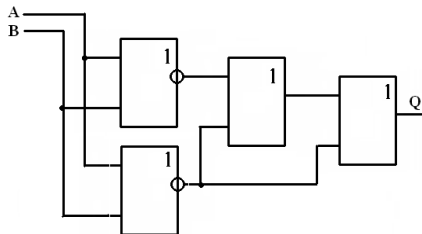
1. Что называют логическим элементом?
2. Укажите уровни на выходах логических элементов, при указанных уровнях на входах



3. Какие логические устройства существуют?
4. Укажите уровни на выходах логических элементов, при указанных уровнях на входах



5. Основные теоремы алгебры- логики.
6. Представить в десятичном коде двоичные числа: 00101110 и 1111111
7. Назовите систему счисления используемую в работе логических устройств?
8. Объясните принцип работы дешифратора?
9. Умножить логически двоичные числа: 1101 на 101. Результат представить в двоичном коде.
10. Какие методы упрощения логических выражений вы знаете?
11. Перечислите элементарные логические операции?
12. Записать в двоичном коде сигнал на выходе 2ИЛИ-НЕ, соответствующий различным комбинациям входных сигналов.
13. Представьте числа 89 и 332 в двоичном коде
14. Записать в двоичном коде сигнал на выходе 3И-НЕ, соответствующий различным комбинациям входных сигналов
15. Проведите анализ логического устройства



## 6 Литература

1. Электротехника и электроника. Учебник для вузов. Книга 3 / Под редакцией В.Г.Герасимова. - М.: Энергоатомиздат, 2000.
2. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. М.: В.Ш., 1982г.
3. Токхейм Р. Основы цифровой электроники. М.: Мир, 1988г.

## Варианты домашнего задания

№ варианта	Шестнадцатеричный код	№ варианта	Шестнадцатеричный код
1	4245	48	7791
2	A8F3	49	B7BE
3	4758	50	7F97
4	4B88	51	BC4B
5	992B	52	BA94
6	52D5	53	9C40
7	475E	54	92EF
8	481B	55	AE69
9	9C85	56	43F4
10	4450	57	6ED4
11	990C	58	4C01
12	5C4F	59	6AD5
13	900C	60	40EF
14	81B3	61	A862
15	89B0	62	4333
16	64C3	63	764B
17	B242	64	4453
18	4BD9	65	969D
19	656F	66	69FA
20	A933	67	87AF
21	BF3B	68	765F
22	48AD	69	5336
23	BC8D	70	483C
24	B61D	71	8EE7
25	BAB7	72	9082
26	8815	73	569B
27	B9AA	74	7436
28	68BB	75	9A62
29	6208	76	7702
30	47D1	77	5AFF
31	6A97	78	8BA5
32	656D	79	AB28
33	7384	80	B1B2
34	445D	81	B15A
35	64CB	82	BB40
36	5C1C	83	A282
37	886F	84	6F18
38	AF5E	85	48B8
39	60A2	86	4DEF
40	8BBF	87	B7E9
41	82E7	88	8169
42	5087	89	5B0A
43	407B	90	75E6
44	69B3	91	AA2D
45	6E2C	92	523B
46	BF3C	93	692A
47	B850	94	A8B0

Московский государственный технический университет  
имени Н. Э. Баумана

Кафедра электротехники и промышленной электроники

Домашнее задание № 2  
по курсу « Электротехника и электроника »  
на тему «Проектирование узлов цифровой электронной техники»

Вариант № 0

Выполнил: студент Иванов И.И.  
группа СМ4 – 61\_\_\_\_

Проверил: доцент Мисеюк О.И.

Дата сдачи работы на проверку \_\_\_\_\_

Оценка \_\_\_\_\_

Москва 2016 г.