

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Коротков Сергей Леонидович  
Должность: Директор ИТЖТ - филиал ПривГУПС  
Дата подписания: 06.12.2024 13:55:56  
Уникальный программный ключ:  
705b520be7c208010fd7fb4dfc76dbd29d240bbe

## **Практические занятия по ОП. 09**

### **«Цифровая схемотехника»**

для специальности

**27.02.03 Автоматика и телемеханика на транспорте (по видам транспорта)  
(железнодорожном транспорте)**

Базовая подготовка среднего профессионального образования  
(квалификация - техник)

## Введение

Дисциплина «Цифровой схемотехники» предназначена для изучения основных типов схем цифровых блоков систем и аппаратуры сигнализации, централизации, блокировки (СЦБ). Одной из форм закрепления знаний, полученных студентами, является выполнение практических работ.

Рабочая тетрадь по выполнению практических занятий поможет студентам приобрести и закрепить практические навыки по темам дисциплины «Цифровая схемотехника».

Применение рабочей тетради позволяет экономить время при оформлении бланков работ, увеличивает активный период проведения занятий, когда проходит обсуждение возникающих вопросов, содействует самостоятельному изучению студентами учебных тем. Проведение лабораторных занятий позволяет повысить интерес студентов к освоению дисциплины, активизировать их исследовательскую работу, а также закрепить полученные на уроках знания.

## **Общие требования к проведению и оформлению практических занятий**

Перед началом практического занятия необходимо изучить и проанализировать теоретический материал по теме выполняемой практической работы.

Практическое занятие проводится по методическим рекомендациям, приведенным к каждому занятию.

Записи делаются в отведенном месте рабочей тетради чертежным шрифтом и синей пастой. Рисунки, схемы и графики выполняются простым карандашом. Графики выполняются на миллиметровке.

После завершения каждого практического занятия необходимо проанализировать проделанную работу и сделать выводы.

## Практическое занятие №1

**Тема: Кодирование целых, дробных и смешанных чисел в различных системах счисления.**

**Цель:** научиться переводить числа из одной системы в другую.  
Индивидуальное задание для студентов по вариантам.

№ варианта	A <sub>1</sub> 2-чная	A <sub>2</sub> 5- чная	A <sub>3</sub> 16- чная	B	C	D <sub>1</sub> 4- чная	D <sub>2</sub> 8- чная	D <sub>3</sub> 16- чная
1	100011	1231	FF1	123	111111111100011	1231	1723	FF01
2	101010	1112	FA1	142	1010101010000000	1322	7765	ABCD
3	110011	4423	128	116	11100110101101	2223	6543	ACDE
4	110010	3314	18B	987	1000000010111	3331	2410	1234
5	1100	2311	BAC	246	1010101010011	1122	1054	5678
6	100011	4212	187	383	1011100000111	3313	1230	9A12
7	1010	4333	14E	295	10100101110000	1211	2403	DDD3
8	101011	1234	13F	337	1010010100111	3322	1120	E124
9	111110	4321	110	231	1010100111111	1203	3456	A241
10	100001	1142	10A	555	111100011	1001	3030	1010
11	10111	1234	FFF	352	1010111010101	1231	7564	ABCD
12	10010	4441	ABA	292	11111010101	2310	24551	FEDC
13	11011	3332	111	712	1111010100111	1010	3727	1211
14	1010101	2224	222	283	1111111010111	2020	1234	3333
15	1010011	1111	333	201	101011100011	3131	2424	5555

### Порядок выполнения

1. Используя правило представления чисел в позиционной системе счисления, представить указанные числа A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> в десятичной системе счисления.

2. Пользуясь делением «столбиком» заданное число B представить в двоичной, троичной и шестнадцатеричной системах счисления.

3. Пользуясь правилом перевода чисел между системами счисления с основанием вида 2<sup>n</sup>, перевести число C в четверичную, восьмеричную и шестнадцатеричную системы счисления.

4. Пользуясь правилом перевода чисел между системами счисления с основанием вида 2<sup>n</sup>, перевести число D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> в двоичную систему счисления.

### Заключение

---

---

---

---

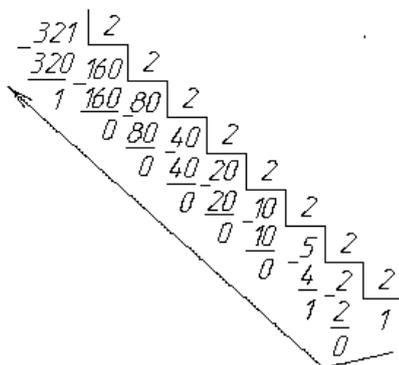
## Методические рекомендации по выполнению практического занятия №1

### Перевод чисел из одной системы счисления в другую.

Существует несколько способов перевода чисел из одной системы счисления в другую.

Первый способ – это правило представления чисел в позиционных системах счисления, например,  $1350_6 = 1 \cdot 6^3 + 3 \cdot 6^2 + 5 \cdot 6^1 + 0 \cdot 6^0 = 1 \cdot 216 + 3 \cdot 36 + 5 \cdot 6 + 0 \cdot 1 = 354_{10}$ . Таким образом, число  $1350_6 = 354_{10}$ .

Второй способ - деление числа на основание системы счисления, например,  $321_{10} = 101000001_2$



Третий способ – для систем счисления с основанием системы  $a=2^n$  числа представляются в двоичном виде позначно, например,

$$3221_4 = 11\ 10\ 10\ 01 = 11101001_2.$$

### Заключение

В заключении сделать вывод о правилах перевода чисел из одной системы в другую, какой из переисленных способах наиболее удобен, как зависит величина числа от системы счисления.

### Вопросы для самоконтроля.

1. Определение системы счисления?
2. Позиционные и непозиционные системы счисления?
3. Что называется основанием системы счисления?
4. Что называется алфавитом системы счисления?
5. Представление чисел в позиционной системе счисления?
6. Как производится перевод чисел из десятичной системы счисления в двоичную систему и наоборот.
7. Как производится перевод чисел из систем счисления с основанием типа  $a=2^n$  в двоичную.

## Практическое занятие №2

**Тема: Кодирование положительных и отрицательных двоичных чисел в прямом, обратном, дополнительном и модифицированных кодах со знаковым и без знакового разряда.**

**Цель:** научиться кодировать положительные и отрицательные числа.  
Индивидуальное задание для студентов по вариантам.

№ варианта	$A_1$	$B_1$	$C_1$	$D_1$
1	231	-123	12,31	-172
2	555	-142	13,22	-0,765
3	352	-116	22,23	354
4	292	-987	33,31	0,410
5	142	-246	11,22	-0,154
6	116	-383	33,13	203
7	987	-295	12,11	-240
8	246	-337	33,22	0,112
9	383	-231	12,03	-345
10	123	-555	10,01	303
11	712	-352	12,31	-0,756
12	283	-292	23,10	245
13	201	-712	10,10	0,372
14	352	-283	20,20	123
15	292	-201	31,31	-245

### Порядок выполнения

1. Перевести предложенные числа  $A_1$  и  $B_1$  в прямой, обратный, дополнительный и смещённый двоичные коды.
2. Перевести предложенные числа  $C_1$  и  $D_1$  в двоичный код и представить их в форматах с фиксированной и плавающей запятой.
3. Дать заключение

### Заключение

---

---

---

---

---

## Методические рекомендации по выполнению практического занятия №2

### Кодирование положительных и отрицательных чисел.

В двоичном коде при отображении положительных и отрицательных чисел перед числом добавляется знаковый разряд. Если число положительное, то содержимое знакового разряда равно «0», а если число отрицательное, то «1».

Для удобства выполнения действия вычитания в ЭВМ используются обратные и дополнительные коды. Обратный код выполняется поразрядным инвертированием двоичного числа, а дополнительный код получается из обратного путём прибавления «1» к младшему разряду.

11001100 – исходное число  
00110011 – обратный код

$$\begin{array}{r} 00110011 \text{ – обратный код} \\ + \phantom{00110011} 1 \\ \hline 00110100 \text{ – дополнительный код} \end{array}$$

Для изображения в форматах с фиксированной и плавающей запятой предложенного числа необходимо перевести его в двоичный код и затем записать.

При представлении числа в формате с фиксированной запятой необходимо представить разрядную сетку ЭВМ шестнадцатиразрядной, в которой старший разряд знаковый, затем десять разрядов отведены для целой части и остальные для дробной части числа.

При представлении числа в формате с плавающей запятой необходимо представить разрядную сетку ЭВМ шестнадцатиразрядной, которой старший разряд является знаковым порядком, затем 4 разряда представляют собой порядок, за ними следуют знаковый разряд мантиисы и остальные разряды оставления для мантиисы.

Разрядная сетка шины данных ЭВМ

с фиксированной запятой																с плавающей запятой																																		
знак числа	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	знак мантиисы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	знак числа	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Целая часть										Дробная часть							знак порядка	порядок				мантииса									знак порядка	порядок				мантииса													

### Заключение

В заключении необходимо отметить достоинства и недостатки форматов представления чисел в ЭВМ.

#### Вопросы для самоконтроля.

1. Какова необходимость применения обратного и дополнительного кодов двоичных чисел?
2. Что такое смещённый дополнительный код?
3. Каковы достоинства и недостатки формата представления чисел с фиксированной запятой?
4. Каковы достоинства и недостатки формата представления чисел с плавающей запятой?

## Практическое занятие №3

**Тема:** Выполнение арифметических операций с многоразрядными двоичными кодированными числами со знаковым и без знакового разряда.

**Цель:** научиться производить арифметические действия с двоичными числами. Индивидуальное задание для студентов по вариантам.

№ варианта	$A_1$	$B_1$	$C_1$	$D_1$
1	230	115	4	8
2	510	255	2	4
3	170	340	6	3
4	204	170	5	6
5	126	252	8	4
6	232	116	4	8
7	244	488	4	2
8	246	123	4	8
9	330	165	3	6
10	125	500	8	2
11	480	120	2	8
12	100	400	8	2
13	300	150	3	6
14	140	280	6	3
15	242	121	4	8

### Порядок выполнения

1. Перевести числа в прямой, обратный и дополнительный двоичный коды.
2. Сложить числа  $A_1$  и  $B_1$ .
3. Дважды вычесть из числа  $A_1$  число  $B_1$ , используя вычитаемое в обратном и дополнительном коде. В первом случае из числа  $A_1$  число  $B_1$ , а во втором случае из числа  $B_1$  число  $A_1$ .
4. Умножить число  $A_1$  на число  $C_1$ .
5. Разделить полученное в пункте 4 число на число  $D_1$ .
6. Дать заключение

### Заключение

---

---

---

---

---

## Методические рекомендации по выполнению практического занятия №3

### Выполнение арифметических операций с многоразрядными числами.

Любым способом перевести предложенные числа в двоичный, обратный и дополнительный код, например,

$$\begin{aligned}
 250_{10} &= 0011111010_2 \text{ прямой код} \\
 &\quad 1100000101_2 \text{ обратный код} \\
 &\quad 1100000110_2 \text{ дополнительный код} \\
 125_{10} &= 0001111101_2 \text{ прямой код} \\
 &\quad 1110000010_2 \text{ обратный код} \\
 &\quad 1110000011_2 \text{ дополнительный код} \\
 4_{10} &= 0100_2 \text{ прямой код} \\
 8_{10} &= 1000_2 \text{ прямой код.}
 \end{aligned}$$

Для сложения в качестве слагаемых используются числа в прямом двоичном коде, например,

$$\begin{array}{r}
 +00011111010_2 \quad + 250 \\
 \underline{00001111101_2} \quad \underline{125} \\
 00101110111_2 \quad 375_{10}
 \end{array}$$

$$0 \cdot 2^9 + 1 \cdot 2^8 + 0 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 375_{10},$$

Вычитание нужно провести 4 раза. Сначала вычесть из числа  $A_1$  число  $B_1$ . Вычитание выполняется, используя вычитаемое в обратном и дополнительном коде.

Первое вычитание – вычитаемое в обратном коде

$$\begin{array}{r}
 +00011111010 \quad + +250 \\
 \underline{11110000010} \quad \underline{-125} \\
 +00001111100 \quad 125_{10} \\
 \underline{00000000001} \text{ коррекция} \\
 00001111101
 \end{array}$$

$$0 \cdot 2^9 + 0 \cdot 2^8 + 0 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 125_{10}$$

Второе вычитание – вычитаемое в дополнительном коде

$$\begin{array}{r}
 +00011111010_2 \quad + +250 \\
 \underline{11110000011_2} \quad \underline{-125} \\
 00001111101_2 \quad 125_{10}
 \end{array}$$

$$0 \cdot 2^9 + 0 \cdot 2^8 + 0 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 125_{10}$$

Умножение:

$$\begin{array}{r}
 \times 00011111010 \\
 \underline{00000000100} \\
 00011111010 \\
 01111101000
 \end{array}$$

$$1 \cdot 2^9 + 1 \cdot 2^8 + 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 1000_{10}$$

Деление

01111101000|1000

01000      01111101

001000

0001000

00001000

000001000

00000001000

0

$$0 \cdot 2^9 + 0 \cdot 2^8 + 0 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 125_{10}$$

На этом расчётную часть можно считать оконченной.

### Заключение

В заключение необходимо отметить достоинства и недостатки алгоритмов вычислений.

### Вопросы для самоконтроля.

1. Каков алгоритм сложения?
2. Каков алгоритм вычитания?
3. Каков алгоритм умножения?
4. Каков алгоритм деления?
5. В каких случаях при вычитании удобнее пользоваться обратным кодом вычитаемого, а в каких дополнительным?

## Практическое занятие №4

**Тема:** Формы представления функций алгебры логики и их минимизация.

**Цель:** научиться минимизировать аналитическим и графическим способом логические функции. Индивидуальное задание для студентов по вариантам.

№ варианта	1	2	3	4	5
1	$xyvz \vee \overline{xy}xz$	$xyzv \vee \overline{xy}z$	$\overline{xy} \vee xzv \vee \overline{y}z$	$\overline{xy} \vee \overline{z} \vee xy$	$xyzv \vee xzv \vee \overline{x}$
2	$z \vee \overline{xy} \vee \overline{y}xz$	$\overline{xy} \vee \overline{y} \vee \overline{z}x$	$z \vee \overline{xy} \vee \overline{y}xz$	$\overline{z} \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}z$	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}x$
3	$\overline{y}z \vee \overline{y}z \vee \overline{y}xz$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{y}z$	$\overline{xy} \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}z$	$\overline{y}z \vee \overline{y}z \vee \overline{y}x$
4	$\overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}xz$	$\overline{y} \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}z$	$\overline{y} \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}z$	$\overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}xz$	$\overline{z} \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}x$
5	$\overline{z} \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$z \vee \overline{xy} \vee \overline{y}x$	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$\overline{y} \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}z$	$yz \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$
6	$\overline{y}z \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}x$	$\overline{y}z \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}x$	$\overline{z} \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}x$	$\overline{y}z \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}x$	$\overline{z} \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}x$
7	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}x$	$x \vee \overline{z}$	$\overline{xy} \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$\overline{xy} \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$
8	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$\overline{xy} \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$\overline{xy} \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$
9	$\overline{z} \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}x$	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z} \vee \overline{y}x$	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$
10	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$\overline{xy} \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$
11	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$\overline{xy} \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$
12	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$
13	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$\overline{xy} \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$\overline{xy} \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$
14	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$
15	$xz \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$x \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$x \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$	$xy \vee \overline{xy} \vee \overline{z}$

### Порядок выполнения

1. Минимизировать предложенные функции аналитическим способом.
2. Дать заключение

### Заключение

---



---



---



---



---

## **Методические рекомендации по выполнению практического занятия №4**

**Построение схем цифровых логических устройств методом синтеза.  
Минимизация переключательных функций аналитическим и  
графическим способом.**

Применяя законы алгебры логики минимизировать предложенные  
функции аналитическим способом.

### **Вопросы для самоконтроля.**

1. Назовите наиболее используемые логические функции?
2. Приведите таблицы истинности для логических функций?
3. Приведите УГО для логических функций?
4. Перечислите аксиомы, лежащие в основе алгебры логики ?
5. Перечислите законы алгебры логики?

---

---

---

---

## Практическое занятие №5

**Тема: Построение схем цифровых логических устройств методом синтеза.**

**Цель:** научиться проектировать логические устройства методом синтеза.

**Индивидуальное задание:**

Разработать логическую схему управления стрелкой (4-проводный вариант).

### Порядок выполнения

1. Построить алгоритм работы блока управления стрелочным переводом.
2. Составить табличное представление логических функций.
3. Записать функции в алгебраической форме.
4. Провести минимизацию функций.
5. Составить принципиальную схему устройства без учёта схем датчиков и электронных ключей.
6. Дать заключение

### Заключение

---

---

---

---

---

---

---

## **Методические рекомендации по выполнению практического занятия №5**

### **Построение схем цифровых логических устройств методом синтеза.**

#### **Заключение**

В заключении необходимо отметить особенности составления схем запоминающих устройств.

#### **Вопросы для самоконтроля.**

1. Что называется таблицей истинности логических функций?
2. Как производится минимизация логических функций?
3. Какие существуют формы записи логических функций?
4. Какие логические функции вы знаете?

## Практическое занятие №6

**Тема:** Логическое проектирование счётных схем

**Цель:** научиться разрабатывать схему счётного устройства.

**Задание:**

Разработать схему двоично-десятичного счётчика на JK триггерах.

### Порядок выполнения

1. Составить таблицу переходов JK триггера.
2. Составить таблицу переходов и функций возбуждения счетчика.
3. Определение функций возбуждения триггеров счетной схемы.
4. Начертить на миллиметровке полученную схему счётчика.
5. Дать заключение

### Заключение

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Методические рекомендации по выполнению практического занятия №6

### Построение схем включения микропроцессора и микроэвм.

Задание:

Синтезировать двоично-десятичного счетчик на JK-триггерах

Счетчиком называется схема, предназначенная для хранения числа и изменения его под действием входных сигналов на единицу или заданную константу. Число устойчивых состояний счетной схемы называется ее модулем. Номер состояния счетной схемы отсчитывается обычно от некоторого исходного состояния. Все счетные схемы можно подразделить на синхронные и асинхронные. У синхронных счетчиков на синхронизирующие входы всех триггеров одновременно поступают считываемые сигналы, счет которых и осуществляет данная схема. У асинхронных счетчиков на синхронизирующие входы триггеров поступают сигналы с выходов других триггеров или логических элементов. При проектировании возникает необходимость в создании счетных схем с любым модулем  $M$ . Пример асинхронных счетных схем с  $M=4$ , реализованных на JK и D триггерах и временная диаграмма их работы представлены на рис. 5.1.

Асинхронные счетные схемы с  $M=4$  и временная диаграмма их работы

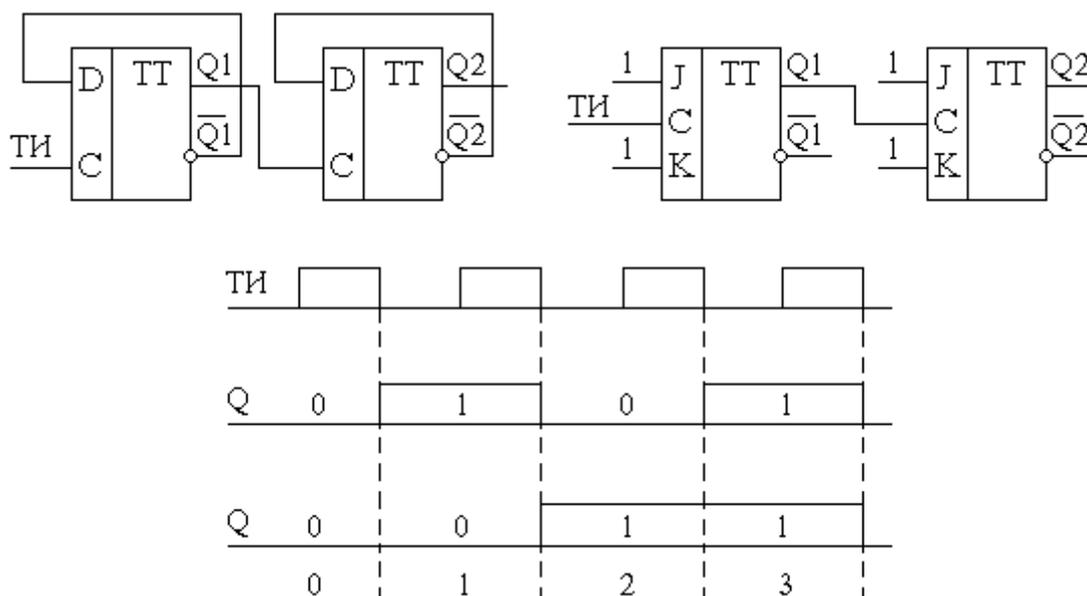


Рис. 5.1

Асинхронные счетные схемы обычно более просты в реализации, но их проектирование в ряде случаев осложняется различием во внутренней организации используемых в схеме триггеров. При проектировании синхронных счетчиков данное различие существенного значения не имеет.

Синхронный счетчик с любым модулем представляется логической структурой, состоящей из ряда триггеров и комбинационной схемы (см. рис.5.2). Комбинационная схема, таким образом, производит преобразование поступающей на ее входы информации, чтобы с приходом очередного считываемого импульса осуществить требуемый переход счетчика из предыдущего состояния в следующее. Функции возбуждения каждого  $i$ -го триггера  $E1i$ ,  $E2i$  определены для одного и того же момента времени, что и их аргументы (входные сигналы триггеров счетной схемы) и следовательно являются переключательными. Поэтому, при выбранном типе используемых для построения триггерных схем, задача логического проектирования счетчика заключается в составлении функций возбуждения каждого триггера и минимизации их в заданном базисе.

Представление счетной схемы

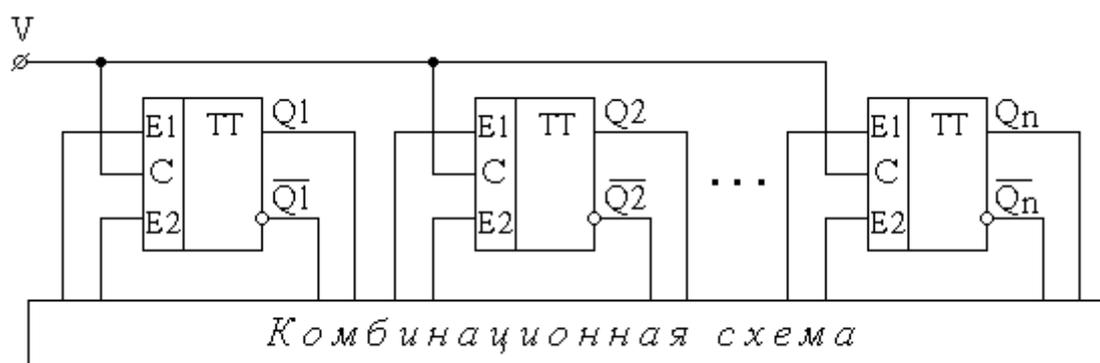


Рис. 5.2

Матрицы переходов для различных типов триггеров

Переход	Функции возбуждения							
		K	D	S	R	D	V	
0@0		X			X	$a_0$	$\bar{a}_0 b_0$	
0@1		X						
1@0	X							
1@1	X			X		$a_2$	$a_2 b_2$	

Рис. 5.3

Для определения функций возбуждения каждого триггера схемы, используют составленные для данного типа триггера матрицы переходов, приведенные на рис. 5.3.

Каждая строка матрицы переходов соответствует одному из возможных переходов триггерной схемы. Значения функций возбуждения определяют на основании логики функционирования рассматриваемого типа триггера. Если совершаемый переход полностью определяется одной функцией возбуждения, то в качестве значения другой записывается символ "X", указывающий, что данная функция может принимать любое значение. При записи матрицы переходов для DV-триггера, вместо численных значений функций использованы неопределенные коэффициенты  $a0, b0, a1, b1$ , каждый из которых может принимать значение "0" или "1". Использование неопределенных коэффициентов обусловлено совершением триггером переходов  $0 \rightarrow 0, 1 \rightarrow 1$  при трех различных наборах функций возбуждения D и V. Например, переход  $0 \rightarrow 0$  для  $D=0$  может происходить при любом значении сигнала на входе V, а для  $D=1$  - только при подаче на вход V нуля. Следовательно, если соответствующее данному переходу значение функции обозначить через  $a0$ , то для V необходимо записать  $\bar{a0}b$ .

Таблица 5.1

Таблица переходов и функций возбуждения счетчика

№	T	t+1	T4	T3	T2	T1										
	Q4	Q3	Q2	Q1	Q4	Q3	Q2	Q1	J4	K4	J3	K3	J2	K2	J1	K1
										X		X		X		X
										X		X		X	X	
										X		X	X			X
										X		X	X		X	
										X	X			X		X
										X	X			X	X	
										X	X		X			X
										X	X		X		X	
									X			X		X		X
									X			X		X	X	

Методику логического проектирования синхронных счетных схем рассмотрим на примере синтеза двоично-десятичного счетчика на JK-триггерах. Для определения функций возбуждения каждого триггера схемы составляется кодированная таблица переходов (см. табл.5.1), в которой любому состоянию схемы ставится в соответствие определенное двоичное число.

В левой части табл. 5.1, для моментов времени  $t$  ( $t=0,1,\dots,M$ ) последовательно указываются все устойчивые состояния счетной схемы, а также состояния, в которые схема переходит в моменты времени  $t+1$  ( $1,2,\dots,M,0$ ), т.е. после приема каждого следующего импульса. В правой части таблицы указываются значения входных сигналов (функций возбуждения) каждого триггера, необходимые для осуществления его перехода из состояния, определенного для момента времени  $t$ , в состояние, определенное для момента времени  $t+1$ .

Рассмотрим первую строку табл. 5.1. Счетчик из состояния  $Q_4=0, Q_3=0, Q_2=0, Q_1=0$  после поступления очередного считываемого импульса должен перейти в состояние  $Q_4=0, Q_3=0, Q_2=0, Q_1=1$ . Следовательно, для триггеров  $T_4, T_3, T_2$  необходимо реализовать переход  $0@0$ , а для триггера  $T_1$  - переход  $0@1$ . В соответствии с матрицей переходов JK-триггера выбираем значения функций возбуждения, необходимые для осуществления данного перехода:

$$J_4=0; K_4=0; J_3=0; K_3=0; J_2=0; K_2=0; J_1=1; K_1=0.$$

Остальные строки таблицы заполняются аналогично. Для определения функций возбуждения воспользуемся методом карт Карно.

Определение функций возбуждения триггеров счетной схемы

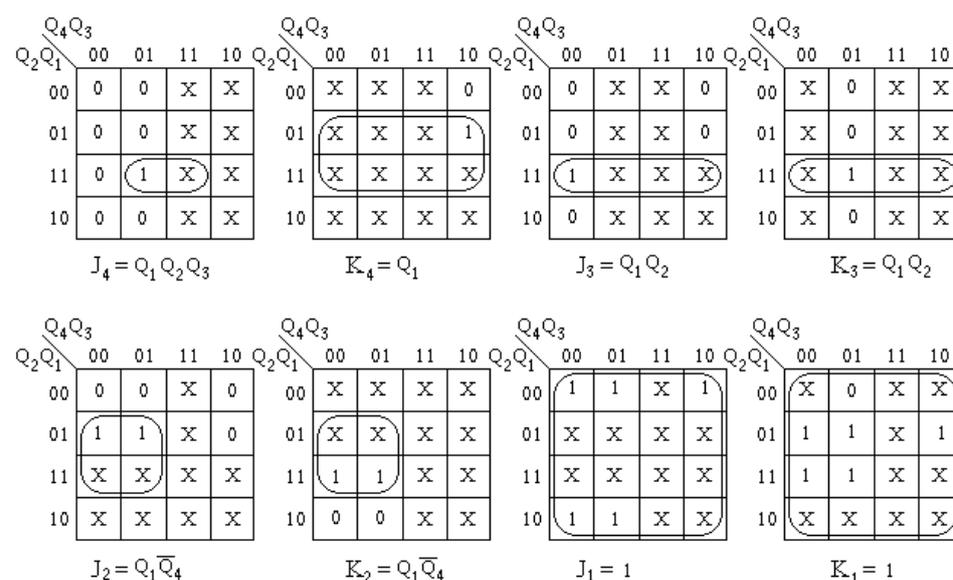


Рис. 5.4

Структура счетчика, полученная на основе минимизированных функций возбуждения каждого триггера схемы, представлена на рис. 5.5.

Синтезированный двоично-десятичный счетчик

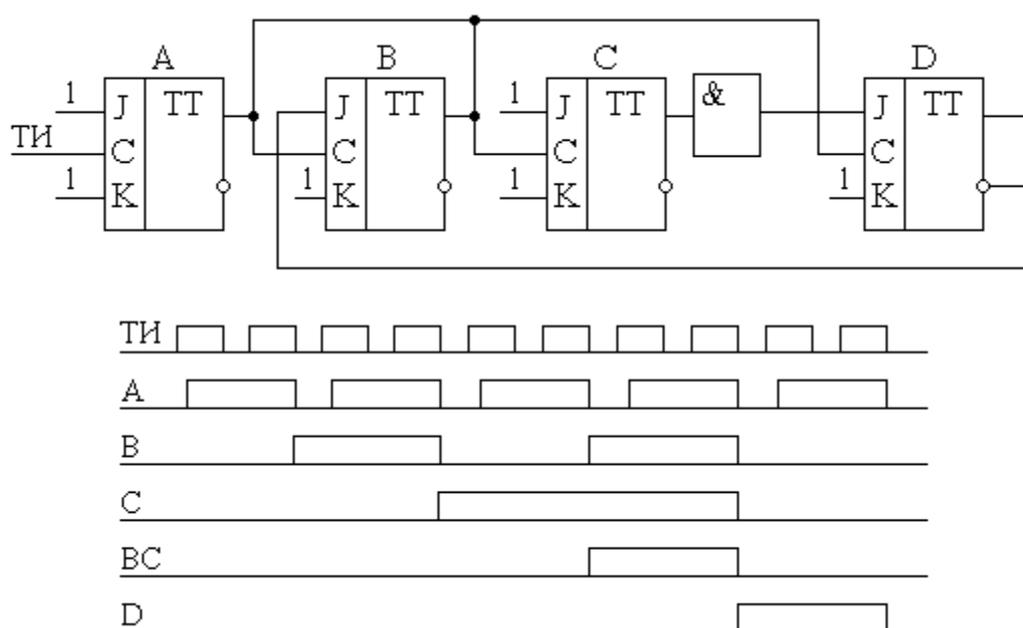


Рис. 5.5

При синтезе счетной схемы на DV триггерах в ряде полей карт Карно вместо символа X будут вписаны неопределенные коэффициенты. В данном случае диаграммы для D и V функции возбуждения каждого триггера необходимо рассматривать совместно, выбирая накрытия с учетом взаимосвязи полей карт, включающих неопределенные коэффициенты. Например, если для одной из карт коэффициент  $a_i$  принят равным "1", то в поле другой карты, содержащей произведение  $\bar{a}_i b_i$  независимо от значения  $b_i$  запишется "0".

### Заключение

В заключении необходимо охарактеризовать особенности синтеза схемы счётного устройства.

### Вопросы для самоконтроля.

1. Как строится таблица переходов триггера?
2. Как описываются данные для синтеза счётного устройства?
3. Как минимизируются состояния счётного устройства?
4. Какие составляется принципиальная схема счётного устройства?

## Рекомендуемая литература

1. Схемотехника электронных средств [Электронный ресурс]: учебное пособие / З. М. Селиванова. - Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017.
2. Галочкин В.Д. «Схемотехника телекоммуникационных устройств». Учебное пособие (конспект лекций):  
часть I «Схемотехника аналоговых устройств»;  
часть 2 «Схемотехника цифровых устройств».  
Под редакцией д.т.н., профессора Елисеева С. Н.  
Самара: ФГОБУ ВПО ПГУТИ 2015г- 448с.
3. Бабёр, А. И.  
Б12 Основы схемотехники : пособие / А. И. Бабёр. — Минск : РИПО, 2018. - 110 с. : ил.

## Содержание

Введение.....	2
Общие требования к проведению и оформлению практических занятий .....	4
Практическое занятие №1 .....	5
Методические рекомендации по выполнению практического занятия №1 .....	6
Практическое занятие №2 .....	7
Методические рекомендации по выполнению практического занятия №2 .....	8
Практическое занятие №3 .....	9
Методические рекомендации по выполнению практического занятия №3 .....	10
Практическое занятие №4 .....	12
Методические рекомендации по выполнению практического занятия №4 .....	13
Практическое занятие №5 .....	14
Методические рекомендации по выполнению практического занятия №5 .....	15
Практическое занятие №6 .....	16
Методические рекомендации по выполнению практического занятия №6 .....	17
Литература.....	22