

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

## **Дидактический материал по ОП. 08.**

**«Цифровая схемотехника»**  
для студентов специальности

### **27.02.03. Автоматика и телемеханика**

**на транспорте (железнодорожном транспорте)**

Базовая подготовка среднего профессионального образования  
(квалификация - техник)

## ПЛАН УРОКА №1.

Группа:

Число:

**Тема урока:** "Введение".

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: задачи и назначение дисциплины; Студент должен иметь представление о связи дисциплины с другими специальными курсами.

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, уситчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок -лекция.

Методы:

- обучения: исследовательский;
- преподавания: информационный;
- учения: исполнительный;
- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 20 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 10 мин;

вопросы:

1. Какие человечество производило расчёты испокон веков?
2. Что такое и зачем нужны процессов управления, производства эксплуатации различных устройств и машин?
3. Какие инструменты использовало человечество для упрощения расчётов?
4. В развитии каких наук известны такие русские ученые: Ломоносов М.В., Якоби Б.С., Ленц Э.Х., Менделеев Д.И.?
5. Когда произошла электрификация России?
6. Почему развитие автоматизации так актуально сейчас, и особенно на железнодорожном транспорте?
5. Как влияет правильное использование автоматизации и вычислительной техники на безопасность железнодорожного транспорта?

2) *приемы преподавания*: активизация ЗУН студентов, полученных на основе изученных ранее дисциплин;

3) *приемы учения*: участие в диалогической беседе.

## **2. Формирование новых знаний и способов действия. 55 МИН**

1) *Содержание нового материала*:

### **Введение.**

2) На протяжении всего периода существования человека, человечество стремилось упростить использование изобретённых им механизмов. Появились такие области наук как: счёт, измерения и автоматизация. Во время их зарождения для перечисленных целей, как правило, использовалась механика. С развитием электричества, а затем электроники начали использоваться электрические и затем электронные приборы и устройства. Но и электронные и механические системы автоматики и измерения были аналоговыми, то есть работа их описывалась непрерывными функциями. Аналоговые устройства обладали на том этапе развития техники не высокой точностью измерений, работы.

Для расчётов ещё в далёкой древности для счёта начал применяться Абак. Затем ему на смену пришли счёты, а начале прошлого века арифмометр и, наконец, логарифмическая линейка. Но конце XIX века английский учёный Дьюринг разработал принципы построения вычислительной машины. Дьюринг показал, что такая машина должна иметь арифметическое устройство (устройство для производства вычислений), устройство ввода и вывода информации, устройство памяти данных и программы (то есть оперативную память – ОЗУ), наличие самой программы, согласно которой машина должна производить вычисления и, наконец, способ представления чисел. А что может такая машина? Да очень немногое: понимать числа, выраженные 1 и 0, то есть в двоичной системе исчисления, складывать их и сдвигать вправо или влево разряды и менять знак перед числом. Всё остальное должен сделать человек. Поэтому появилась в математики область, в которой все математические действия выражаются только сложением и сдвигом разрядов. Основы этой математики заложил Джордж Буль и она получила название Булева алгебра. Эта алгебра позволила описать все процессы счёта, измерения и автоматизации в двоичной системе счисления и заменить аналоговые устройства дискретными, то есть описываемыми прерывистыми функциями.

Применение дискретных устройств, в число которых входят и вычислительные машины, позволили резко повысить точность измерений, реакции и работы автоматов. Кроме этого применение вычислительных

машин в области автоматики и измерений придало этим устройствам новые возможности, функции и среди них те, которые нынче называется искусственным интеллектом. Все эти устройства описываются отрасль науки, которая называется «Цифровая схемотехника».

Применительно к железнодорожному транспорту «Цифровая схемотехника» позволила автоматизировать многие процессы управления перевозками, управления ж.д. транспортом, внедряется автоматическое ведение поездов и т.д. Всё это упрощает работу железнодорожников, повышает безопасность движения, уменьшает влияние «человеческого фактора», увеличивает пропускную способность железных дорог.

3) *приемы преподавания*: объяснение, ведение диалогической беседы;

4) *приемы учения*: слушают, участвуют в диалогической беседе.

### **3. Применение знаний, умений, навыков. 15 мин.**

1) *содержание формируемых умений и навыков*: активизация полученных ЗУН: 10 мин.

Вопросы и понятия:

1. Сформулируйте этапы развития цифровой схемотехники.

2. Какие работы ученых и специалистов в области автоматизации?

3. Поясните роль и значение цифровой схемотехники в обеспечении безаварийной работы электротехнических устройств на железнодорожном транспорте?

2) *приемы преподавания*: задача вопросов, подведение итогов урока.

3) *приемы учения*: ответы на поставленные вопросы.

4) *выводы*: урок целей достиг, удачно применена форма урока - лекция, которая обобщила ЗУН, полученные в процессе всего обучения студентов; активизирована самостоятельная работа студентов;

5) *домашнее задание*: Гл1, 5 мин.

## ПЛАН УРОКА №2.

Группа:

Число:

**Тема урока:** "Системы счисления. Формы представления и передачи информации для цифровых устройств. Понятие бита, байта, машинного слова. Формы представления чисел с фиксированной и плавающей запятой. Понятие о разрядной сетке. Представление положительных и отрицательных двоичных чисел в прямом, обратном, дополнительном и смещённом кодах со знаковым и без знакового разряда".

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: систем счисления, форм представления чисел в двоичной системе счисления в прямом, обратном, дополнительном и модифицированном кодах

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;

- преподавания: стимулирующий;

- учения: частично - поисковый;

- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

1. Сформулируйте этапы развития цифровой схемотехники.

2. Какие работы ученых и специалистов в области автоматизации?

3. Поясните роль и значение цифровой схемотехники в обеспечении безаварийной работы электротехнических устройств на железнодорожном транспорте?

2) *приемы преподавания:* активизация ЗУН студентов;

3) *приемы учения:* участие в диалогической беседе.

### **2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 МИН**

1) Содержание нового материала:

## **Тема 1. Системы счисления.**

Мы с самого детства считаем и никогда не задумывались о системе счисления, в которой мы проводим расчёты.

Под системой счисления понимается способ представления чисел с помощью определённого набора символов.

Существует два класса систем счисления: позиционные и непозиционные.

В непозиционных системах количественное значение цифр не зависит от их места нахождения в числе. Например, в числе XIX, представленном в Римской непозиционной системе цифры X независимо от места расположения справа или слева от I имеет одинаковый «вес».

В позиционных системах количественная характеристика каждой цифры зависит от её места (позиции) в числе. Например, 121. В левой части цифра в 100 раз больше этой же цифры стоящей в правой части числа (100 и 1).

В позиционных системах счисления числа могут быть целыми или дробными, либо смешанными, содержащими целую и дробную части.

$$A_N = \pm (a_{m-1}a_{m-2}\dots a_k\dots a_1a_0, a_{-1}a_{-2}\dots a_{-l})$$

В этом выражении позиции, помеченные индексом  $k$  ( $-1 \leq k \leq m-1$ ) называются разрядами числа  $A_N$ . Из общего количества разрядов  $(m+1)$   $m$  разрядов включая нулевой, отведено для представления целой, а 1 разрядов для представления дробной части числа. При этом количественно  $a_k$  может принимать любое из значений ( $0 \leq a_k \leq N-1$ ), где  $N$  является основанием системы счисления.

Например:

Система счисления	Значение основания системы, $N$	Значения, которые может принимать $a_k$
Двоичная	2	0,1
Восьмеричная	8	0,1,2,3,4,5,6,7
Десятичная	10	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9
Шестнадцатеричная	16	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F

Существуют сокращённая и полная формы записи чисел, например, в десятичной системе:

$$123 = 1 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$$

сокращённая      полная  
формы записи

В общем случае полная форма записи выглядит так:

$$A_N = \pm((a_{m-1} N^{m-1} + a_{m-2} N^{m-2} \dots + a_k N^k \dots + a_1 N^1 + a_0 N^0 + a_{-1} N^{-1} + a_{-2} N^{-2} \dots + a_{-l} N^{-l}).$$

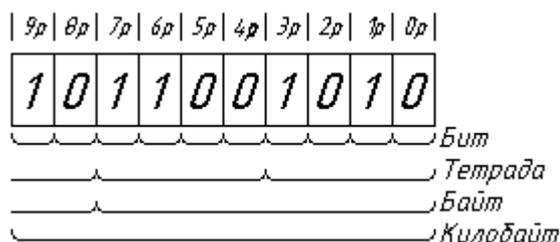
В цифровой схемотехнике используются: двоичная, троичная, восьмеричная, десятичная и шестнадцатеричная системы счисления.

### Двоичная система счисления.

В этой системе основание равно 2 ( $N=2$ ), которое в двоичной системе записывается как  $10_2$ . Индекс при числе 10 указывает на основание системы счисления. Из условия  $0 \leq a_k \leq N-1$  следует, что для образования двоичных чисел используются только две цифры 0 и 1. Применение в вычислительной технике двоичной системы счисления обусловлено упрощением ЭВМ.

Вспомним, реле принимает всего два положения сработало/отпустило (включено/выключено) для того чтобы сделать запоминающее устройство одноразрядное для троичной системы счисления необходимо городить схему из реле, а о десятичной и говорить нечего. Совершенно аналогичная ситуация и транзисторами, диодами магнитными сердечниками. Хотя в транзисторной технике создано устройство, работающее в троичной системе счисления.

Так как в мире, как правило, пользуются позиционными системами, следовательно, большие числа в двоичной системе будут многоразрядными. Доказано, что минимальная величина информации может быть описана числами 0 и 1 в двоичной системе счисления, то есть занимать 1 разряд. Такая величина называется бит, то есть бит это один двоичный разряд. Четыре бита называются тетрадой, восемь бит – байтом и, наконец, 10 бит – килобайт, затем следуют мегабайт, гигабайт, терабайт и т.д.



Системы счисления

Десятичная	Двоичная	Тройная	Восьмеричная	Восьмеричная	Шестнадцат	Шестнадцатеричная	Двоично-десятичная
0	0	0	0	000	0	0000	00000000
1	1	1	1	001	1	0001	00000001
2	0	2	2	010	2	0010	00000010
3	1	0	3	011	3	0011	00000011
4	0	1	4	100	4	0100	00000100
5	1	2	5	101	5	0101	00000101
6	0	0	6	110	6	0110	00000110
7	1	1	7	111	7	0111	00000111
8	0	2	0	000	8	1000	00001000
9	1	0	1	001	9	1001	00001001
10	0	1	2	010	A	1010	00010000
11	1	2	3	011	B	1011	00010001
12	0	0	4	100	C	1100	00010010
13	1	1	5	101	D	1101	00010011
14	0	2	6	110	E	1110	00010100
15	1	0	7	111	F	1111	00010101

### **Двоично –десятичная система.**

Эта система счисления используется в ЭВМ для представления десятичных чисел. В двоично –десятичной системе каждая десятичная цифра представляется четырёхразрядным двоичным числом – тетрадой, но количество используемых двоичных чисел от 0 до 9.

Как видно из таблицы особое значение представляют восьмеричная и шестнадцатеричная системы, так как их легко перевести в двоичную просто подписывая следующие разряды в двоичном виде. Перевод же из десятичной системы в восьмеричную и шестнадцатеричную системы также проще, так как надо делать меньше арифметических действий.

Перевод чисел из одной системы в другую.

Существуют два способа перевода чисел из десятичной системы в другие виды систем.

Первый способ деление десятичного числа на основание системы, в которую делается перевод и затем запись остатков с заду наперёд.

Пример:

$$123_{10} = 1111011_2 = 173_8 = 7B_{16}$$

$$\begin{array}{r}
 123 \overline{) 2} \\
 \underline{122} \quad 61 \overline{) 2} \\
 \quad \underline{1} \quad 60 \quad 30 \overline{) 2} \\
 \quad \quad \underline{1} \quad 30 \quad 15 \overline{) 2} \\
 \quad \quad \quad \underline{0} \quad 14 \quad 7 \overline{) 2} \\
 \quad \quad \quad \quad \underline{1} \quad 6 \quad 3 \overline{) 2} \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \underline{1} \quad 2 \quad 1 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \underline{1}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 123 \overline{) 8} \\
 \underline{120} \quad 15 \overline{) 8} \\
 \quad \underline{3} \quad 8 \quad 1 \\
 \quad \quad \underline{7}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 123 \overline{) 16} \\
 \underline{112} \quad 7 \\
 \quad \underline{11}
 \end{array}$$

### Форматы представления чисел в компьютере

Для хранения чисел в памяти компьютера используется два формата: *целочисленный (естественная форма)* и *с плавающей точкой (нормализованная форма)* (точка - разделительный знак для целой и дробной части числа).

**Целочисленный формат** (*формат с фиксированной точкой*) используется для представления в компьютере целых (англ. *integer*) положительных и отрицательных чисел. Для этого, как правило, используются форматы, кратные байту: 1, 2, 4 байта.

В форме с фиксированной запятой числа изображаются в виде последовательности цифр с постоянным для всех чисел положением запятой (или точки), отделяющей целую часть от дробной.

Эта форма проста и привычна для большинства пользователей, но имеет небольшой диапазон представления чисел и поэтому не всегда пригодна при вычислениях. Если же в результате какой-либо арифметической операции получается число, выходящее за допустимый диапазон, то происходит переполнение разрядной сетки, и все дальнейшие вычисления теряют смысл.

Однобайтовое представление применяется только для положительных целых чисел. В этом формате отсутствует знаковый разряд. Наибольшее двоичное число, которое может быть записано при помощи 1 байта, равно 11111111, что в десятичной системе счисления соответствует числу 255<sub>10</sub>.

Для положительных и отрицательных целых чисел обычно используется 2 и 4 байта, при этом старший бит выделяется под знак числа: 0 - плюс, 1 - минус.

Самое большое (по модулю) целое число со знаком, которое может поместиться в 2-байтовом формате, это число 0111111111111111, то есть при помощи подобного кодирования можно представить числа от  $-32\,768_{10}$  до  $32\,767_{10}$ .

### *Обратите внимание!*

Если число вышло за указанные границы, произойдет переполнение! Поэтому при работе с большими целыми числами под них выделяется больше места, например 4 байта.

**Формат с плавающей точкой** (*нормализованная форма*) используется для представления в компьютере действительных чисел (англ. *real*). Числа с плавающей точкой размещаются, как правило, в 4 или 8 байтах.

Нормализованная форма представления чисел обеспечивает огромный диапазон их записи и является основной в современных ЭВМ.

Представление целого положительного числа в компьютере

Для представления целого положительного числа в компьютере используется следующее правило:

- число переводится в двоичную систему;
- результат дополняется нулями слева в пределах выбранного формата;
- последний разряд слева является знаковым, в положительном числе он равен 0.

Например, положительное число  $+135_{10}$  в зависимости от формата представления в компьютере будет иметь следующий вид:

- для формата в виде 1 байта - 10000111 (отсутствует знаковый разряд);
- для формата в виде 2 байтов - 0000000010000111;
- для формата в виде 4 байтов - 00000000000000000000000010000111.

### **Представление целого отрицательного числа в компьютере**

Для представления целого отрицательного числа в компьютере используется *дополнительный код*. Такое представление позволяет заменить операцию вычитания числа операцией сложения с дополнительным кодом этого числа. Знаковый разряд целых отрицательных чисел всегда равен 1.

Для представления целого отрицательного числа в компьютере используется следующее правило:

- число без знака переводится в двоичную систему;
- результат дополняется нулями слева в пределах выбранного формата;
- полученное число переводится в *обратный код* (нули заменяются единицами, а единицы - нулями);
- к полученному коду прибавляется 1.

**Обратный код** для положительного двоичного числа совпадает с его прямым кодом, а для отрицательного числа нужно во всех разрядах, кроме знакового, нули заменить единицами и наоборот.

**Дополнительный код** для положительного числа совпадает с его прямым кодом, а для отрицательного числа образуется путем прибавления 1 к обратному коду.

Отрицательное число может быть представлено в виде 2 или 4 байт.

Например, представим число  $-135_{10}$  в 2-байтовом формате:

- $135_{10} \square 1000111$  (перевод десятичного числа без знака в двоичный код);
- $00000001000111$  (дополнение двоичного числа нулями слева в пределах формата);
- $00000001000111 \square 111111101111000$  (перевод в обратный код);
- $111111101111000 \square 111111101111001$  (перевод в дополнительный код).

Представление вещественного (действительного) числа в компьютере

Вещественное число может быть представлено в экспоненциальном виде, например:

$$1600000010 = 0,16 \cdot 10^8$$

$$-0,000015610 = -0,156 \cdot 10^{-4}$$

В этом формате вещественное число (R) представляется в виде произведения мантиссы (m) и основания системы счисления (P) в целой степени (n), называемой **порядком**.

Представим это в общем виде, как:  $R = m \cdot P^n$ .

Порядок n указывает, на какое количество позиций и в каком направлении должна сместиться в мантиссе точка (запятая), отделяющая дробную часть от целой. Мантисса, как правило, нормализуется, то есть представляется в виде правильной дроби  $0 < m < 1$ .

Мантисса должна быть правильной дробью, у которой первая цифра после точки (запятой в обычной записи) отлична от нуля. Если это требование выполнено, то число называется **нормализованным**.

При представлении в компьютере действительного числа с плавающей точкой тоже используется нормализованная мантисса и целый порядок. И мантисса и порядок представляются в двоичном виде, как это было описано выше.

Для размещения вещественного числа обычно используется 2 или 4 байта.

В 2-байтовом формате представления вещественного числа первый байт и три разряда второго байта выделяются для размещения мантиссы, в остальных разрядах второго байта размещаются порядок числа, знаки числа и порядка.

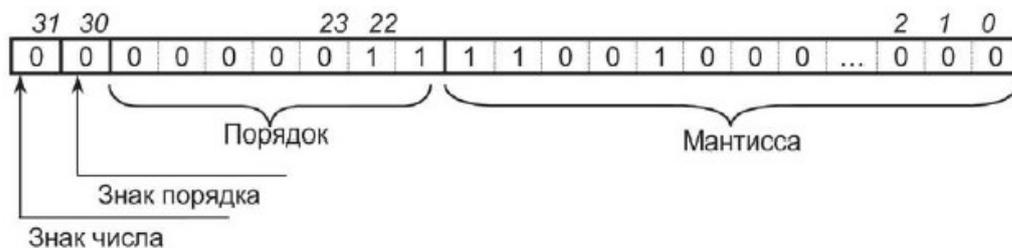
1-й байт						0-й байт					
Знак числа	Знак порядка	Порядок				Мантисса					

В 4-байтовом формате представления вещественного числа первые три байта выделяются для размещения мантиссы, в четвертом байте размещаются порядок числа, знаки числа и порядка.

3-й байт			2-й байт			1-й байт			0-й байт		
Знак числа	Знак порядка	Порядок			Мантисса						

Чем больше разрядов отводится под запись мантиссы, тем выше точность представления числа.

Пример записи числа  $6,25_{10} = 110,012 = 0,11001 \cdot 2^{11}$ , представленного в нормализованном виде, в четырехбайтовом формате с семью разрядами для записи порядка.



Источники:

### Зачем был нужен дополнительный код?

Изобретение обратного и дополнительного кода возникло из-за желания сэкономить деньги при построении арифметико-логических устройств (АЛУ) вычислительных машин. В те далекие времена, когда даже самый слабенький компьютер занимал помещение в несколько комнат, каждый логический элемент, а тем более узел стоил существенных денег. Для того чтобы выполнить арифметическую операцию сложения, в АЛУ компьютера имеется специальный узел - **сумматор**, а для того чтобы выполнить вычитание, казалось бы, требуется "вычитатель", что влечет за собой дополнительные деньги. И тогда создатели первых компьютеров

нашли способ производить операцию вычитания с помощью сумматора, используя для этого дополнительный код числа. То есть операция вычитания была заменена операцией сложения, где вычитаемое представлялось в дополнительном коде.

### Как получить дополнительный код?

Зададимся разрядностью регистра, в котором будет храниться число. Пусть, для примера, мы будем работать с 8-ми разрядными числами. Возьмем, для примера, число двенадцать и запишем его в двоичной системе счисления: 1100. Теперь впишем его в 8-ми разрядный регистр, где старшие, недействующие в числе, разряды имеют нулевое значение (нумерация разрядов начинается с нуля).

Разр. 7 6 5 4 3 2 1 0  
 12 0 0 0 0 1 1 0 0

Такая запись соответствует 8-ми разрядному **прямому коду** числа двенадцать. А теперь проинвертируем поразрядно содержимое регистра, т.е. заменим 0 на 1 и 1 на 0. и получим **обратный код**.

Разр. 7 6 5 4 3 2 1 0  
 12<sub>обр</sub> 1 1 1 1 0 0 1 1

Прибавив к числу в обратном коде единицу, получаем искомый **дополнительный код**.

Разр.	с	7	6	5	4	3	2	1	0
							1	1	
12 <sub>обр</sub>		1	1	1	1	0	0	1	1
+									1
12 <sub>доп</sub>		1	1	1	1	0	1	0	0

### Представление чисел с разными знаками

Давайте посмотрим на последний пример с математической точки зрения. Что мы видим? Мы к числу 29 прибавили нечто непонятное и получили 17, то есть  $29+x=17$ . Решив последнее уравнение, мы видим, что "x" - это не что иное, как число "-12" (минус двенадцать). Оказывается, **формируя дополнительный код от некоторого числа, мы получаем число противоположное по знаку исходному**. Этот факт подтолкнул создателей компьютеров к естественной и очень эффективной модели представления отрицательных чисел, да и вообще чисел со знаком.

Идея состояла в том, чтобы хранить и обрабатывать положительные числа в прямом коде, а отрицательные в дополнительном. Необходимо было только как-то различать какое число перед нами положительное или отрицательное. Давайте, для наглядности сравним, как выглядят регистры с положительными числами и регистры с соответствующими им отрицательными числами, записанными в дополнительном коде.

Число	Код
3	00000011
5	00000101
9	00001001
-3	11111101
-5	11111011
-9	11110111

Из анализа таблицы видно, что положительные числа начинаются с нулей, а отрицательные с единиц, что и позволяет в нашем примере отличать их по знаку. Но мы выбрали, для примера, небольшие положительные числа, в старшем разряде регистра которых изначально нет единицы. Но для числа "212" и соответственно "-212" это правило уже не срабатывает, так как число 212 изначально в старшем разряде регистра содержит единицу  $212_{10} = 11010100_2$ .

Разр.	7	6	5	4	3	2	1	0
212	1	1	0	1	0	1	0	0

Однако, наша модель чисел с разными знаками всегда будет работать, если запретить пользоваться числами, модуль которых содержит единицу в старшем разряде регистра. Для 8-ми разрядного регистра это числа, модуль которых не превышает 127. Старший разряд регистра, при этом, просто указывает знак и поэтому, в данной модели представления чисел, его называют **знаковым разрядом**.

Смещённый код

$$[A]_{\text{смещ}} = \begin{cases} 1, a_1, a_2 \dots a_m & \text{при } A \geq 0 \\ 0, a_1, a_2 \dots a_m + 2^{-m} & \text{при } A < 0 \end{cases}$$

Например, положительное число +0,10101 в смещенном коде будет выглядеть как  $[B]_{\text{смещ}} = 1,10101$ , а отрицательное -0,10101 как

$$[C]_{\text{смещ}} = 1, \overline{10101} + 1 \rightarrow 0,01010 + 1 \rightarrow 0,01011.$$

Свое название «смещенный» код получил оттого, что вся шкала кодирования из  $2^{m+1}$  чисел получается путем последовательного сдвига (смещения) первой ее половины от 0 до  $2^m + 1$  в область отрицательных значений, при этом вторая половина, начиная со значения  $2^m$ , остается в области положительных значений. Это хорошо видно из таблицы I, где

представлены все четыре описанных в данной главе способа кодирования двоичных чисел.

### Представление двоичных чисел

Десятичное число	Прямой код	Обратный код	Дополнительный код	Смещенный код
+0,7	0,111	0,111	0,111	1,111
+0,6	0,110	0,110	0,110	1,110
+0,5	0,101	0,101	0,101	1,101
+0,4	0,100	0,100	0,100	1,100
+0,3	0,011	0,011	0,011	0,011
+0,2	0,010	0,010	0,010	0,010
+0,1	0,001	0,001	0,001	0,001
+0,0	0,000	0,000	0,000	0,000
-0,0	1,000	1,111	0,000	1,000
-0,1	1,001	1,110	1,111	0,111
-0,2	1,010	1,101	1,110	0,110
-0,3	1,011	1,100	1,101	0,101
-0,4	1,100	1,011	1,100	0,100
-0,5	1,101	1,010	1,011	0,011
-0,6	1,110	1,001	1,010	1,010
-0,7	1,111	1,000	1,001	0,001
-0,8	-	-	1,000	0,000

Из таблицы I также видно, что в прямом и обратном кодах «нуль» имеет двойное обозначение, что создает известные трудности при вычислениях. Поэтому в системах цифровой обработки сигналов чаще всего используются дополнительный и смещенный коды.

Смещенный код - это прямой код, числа меньше 128 которого считаются отрицательными.

Дополнительный код - это тот, в котором первый бит - знаковый разряд, а за ним идёт если 0 - прямой код, а если 1 - то инверсный +1

Посоветуйте, где посмотреть как "Перевести число -47 в смещённый код

в шестнадцати разрядной сетке"? Уже обыскалась, не могу найти. Как в восьмиразрядной вроде поняла: прямой перевести в обратный и прибавить 1, а в 16-ричной как?

Это дополнительный код, а не смещенный.

В дополнительный код - точно так же, как Вы пишете: "**прямой перевести в обратный и прибавить 1**" В этой формулировке разрядная сетка совершенно не учитывается.

А вот для получения смещенного кода нужно к полученному дополнительному коду просто прибавить это самое смещение (обычно половину диапазона - 0x80 или, соответственно, 0x8000)

Половина диапазона. Для однобайтовых чисел - 0x80, для двухбайтовых - 0x8000

Код:

Прямой	Обратный	Дополнительный	Смещенный
-3	FFFC	FFFD	7FFD
-2	FFFD	FFFE	7FFE
-1	FFFE	FFFF	7FFF
0	FFFF	0000	8000
1		0001	8001
2		0002	8002
3		0003	8003

Смысл смещенного кода - представить числа со знаком в виде беззнаковых так, чтобы сохранился их естественный порядок. При этом самое маленькое отрицательное число представляется нулём, самое большое положительное - числом из одних единиц, а ноль попадает в середину диапазона и представляется одной единицей с нулями после нее.

### 3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.

1) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Что такое система счисления, какие системы вы знаете?
2. Форматы представления чисел в ЭВМ.
3. Как образуются обратный и дополнительный коды, зачем они нужны?
4. Где применяется и как образуется смещенный код?

2) *решение задачи:* переведите число 63710 в двоичную и шестнадцатеричные системы и образуйте из полученного числа обратный, дополнительный и смещенный коды.

3) *приемы преподавания:* задача вопросов, подведение итогов урока.

4) *приемы учения:* ответы на поставленные вопросы, решение задачи.

5) *выводы:* урок целей достиг, удачно применена форма урока - комбинированный, которая обобщила ЗУН, полученные в процессе всего обучения студентов; активизирована самостоятельная работа студентов;

б) домашнее задание: *прочитанная лекция.*

## ПЛАН УРОКА №3.

Группа:

Число:

**Тема урока:** " Особенности выполнения арифметических операций с многоразрядными двоичными кодированными числами (сложение, вычитание, умножение и деление) со знаковым и без знакового разряда. Правила и послед.выполнения арифметических операций с кодир. двоичными числами с фиксированной и плавающей запятой в прямом, обратном, дополнительном и модифицированном коде со знаковым и без знакового разряда. Сложение и вычитание кодированных двоично-десятичных чисел со знаковым и без знакового разряда".

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: выполнения арифметических операций с многоразрядными двоичными кодированными числами (сложение, вычитание, умножение и деление) со знаковым и без знакового разряда.

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;
- преподавания: стимулирующий;
- учения: частично - поисковый;
- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

1. Какие вы знаете системы счисления.
2. В каких форматах представляются двоичные числа в ЭВМ?
3. Что такое прямой обратный, дополнительный и смещённый коды, как они получаются и как используются?

2) *приемы преподавания:* активизация ЗУН студентов;

3) *приемы учения:* участие в диалогической беседе.

## 2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 МИН

1) Содержание нового материала:

**Тема 1.** Особенности выполнения арифметических операций с многоразрядными двоичными кодированными числами (сложение, вычитание, умножение и деление) со знаковым и без знакового разряда.

Рассмотрим, как производятся арифметические действия над двухзначными числами в двоичном коде.

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{cccc}
 00 & 00 & 01 & 01 \\
 +00 & +01 & +00 & +01 \\
 \hline
 00 & 01 & 01 & 10
 \end{array} &
 \begin{array}{ccc}
 00 & 01 & 10 \\
 -00 & -01 & -01 \\
 \hline
 00 & 00 & 01
 \end{array} &
 \begin{array}{ccc}
 10 & 11 & 10 \\
 \times 10 & \times 10 & \times 11 \\
 \hline
 00 & 00 & 10 \\
 + & + & + \\
 10 & 11 & 10 \\
 \hline
 100 & 110 & 100
 \end{array} &
 \begin{array}{r}
 110 \\
 -01 \\
 \hline
 100 \\
 -001 \\
 \hline
 011
 \end{array} \\
 \qquad \qquad \qquad a & \qquad \qquad \qquad б & \qquad \qquad \qquad в & \qquad \qquad \qquad г & \qquad \qquad \qquad д
 \end{array}$$

Рис.1. Арифметические действия над двухзначными двоичными числами

На рис.1.а показано как производится сложение. В четвёртом действии происходит перенос и младшего разряда в старший. При вычитании (см. рис. 1.б) в третьем действии делается заём из старшего разряда в младший. При умножении (см. рис.1,в и г) само действие происходит следующим образом:

1 – происходит сложение первого сомножителя со младшим разрядом второго сомножителя, результат сохраняется в регистре результата;

2 – если у второго сомножителя разряд, на который производится умножение, то первый сомножитель не учитывается, и в регистре результата записываются нули;

3 – если у второго сомножителя разряд, на который производится умножение, то первый сомножитель переписывается в регистр результата со сдвигом влево на один разряд;

4 –затем производится сложение первого сомножителя со следующим более старшим разрядом второго сомножителя, при этом число в регистре результата сдвигается на 1 разряд вправо;

5 – алгоритм по пунктам 1-4 повторяется и постоянно производится контроль последнего самого старшего разряда, если он пройден то в регистре результата находится произведение, а если нет то пункты 1 и 4 повторяются со следующими разрядами второго сомножителя.

На рис1.д показано деление двоичных чисел. В принципе алгоритм аналогичный умножению за исключением того, что вместо сложения сомножителей производится вычитание из делимого делителя и сдвиг регистра результата влево.

При выполнении арифметических действий с числами в формате с плавающей запятой имеются следующие особенности.

При сложении или вычитании порядки чисел выравниваются. После арифметического действия производится нормализация порядка.

Умножение чисел, представленных в форме с плавающей запятой, выполняется за четыре шага.

1. Определяется знак произведения путем сложения по модулю два знаков сомножителей.
2. Определяется порядок произведения путем алгебраического сложения (с учетом знаков) порядков сомножителей по правилам сложения чисел с фиксированной запятой.
3. Определяется мантисса произведения путем умножения мантисс сомножителей по изложенным выше правилам для чисел с фиксированной запятой.
4. Нормализуется результат умножения мантисс сомножителей, если произошла денормализация.

Деление чисел, представленных в двоичной форме с плавающей запятой, выполняется за четыре шага, при этом условие  $|X| < |Y|$  теряет смысл и его проверка не делается.

1. Определяется знак частного путем сложения по модулю два знаков делимого и делителя.
2. Определяется порядок частного путем вычитания порядка делителя из порядка делимого с учетом их знаков по правилам, аналогичным для вычитания чисел с фиксированной запятой.
3. Определяется мантисса частного путем деления модуля мантиссы делимого на модуль мантиссы делителя по правилам, изложенным выше, для деления чисел с фиксированной запятой.

4. Нормализуется результат деления мантисс делимого и делителя, если произошло переполнение разрядной сетки или денормализация.

5. При переполнении или денормализации мантиссы частного производится соответственно увеличение или уменьшение, вычисленного по п.2, порядка частного.

### **3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.**

3) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Как производится сложение и вычитание простых двоичных чисел?
2. Как производится умножение и деление простых двоичных чисел?
3. Какие особенности на сложение и вычитание накладывает формат чисел с фиксированной запятой?
4. Какие особенности на умножение и деление накладывает формат чисел с фиксированной запятой?

## ПЛАН УРОКА №4.

Группа:

Число:

**Тема урока:** "Булевы (переключательные) функции, их количество и способы задания, существенные и фиктивные переменные.

Способы представления логических переключательных функций:

высказывание (словесное и письменное), табличное (понятие о таблицах истинности) и аналитическая запись (запись формулой). Элементарные (основные, базисные функции И, ИЛИ, НЕ) и комбинационные (универсальные, базовые) логические функции одной и двух переменных, их функциональная запись через дизъюнкцию, конъюнкцию и инверсию.

Таблицы истинности для основных (базисных) и универсальных (базовых) логических функций.

Применение законов, тождеств и правил алгебры логики " .

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о алгебре логики, её функциях электронных эквивалентах, её применении в составлении цифровых схем.

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;
- преподавания: стимулирующий;
- учения: частично - поисковый;
- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

1. Какие вы знаете системы счисления.
2. В каких форматах представляются двоичные числа в ЭВМ?
3. Что такое прямой обратный, дополнительный и смещённый коды, как они получаются и как используются?

2) *приемы преподавания:* активизация ЗУН студентов;

3) *приемы учения:* участие в диалогической беседе.

### **2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 МИН**

1) Содержание нового материала:

**Тема** Физическое представление логических значений двоичных чисел электрическими сигналами. Понятие о комбинационной схеме и цифровом автомате. Булевы (переключательные) функции, их количество и способы задания, существенные и фиктивные переменные.

Способы представления логических переключательных функций: высказывание (словесное и письменное), табличное (понятие о таблицах истинности) и аналитическая запись (запись формулой). Элементарные

(основные, базисные функции И, ИЛИ, НЕ) и комбинационные (универсальные, базовые) логические функции одной и двух переменных, их функциональная запись через дизъюнкцию, конъюнкцию и инверсию. Понятие высказывания. Операции импликации, эквивалентности и суммы по модулю 2, их свойства.

Таблицы истинности для основных (базисных) и универсальных (базовых) логических функций. Релейно-контактный аналог элементарных и комбинационных логических функций.

Применение законов, тождеств и правил алгебры логики для.

Алгебра логики или Булева алгебра - это математический аппарат, который позволяет производить алгебраические действия над логическими высказываниями. Она оперирует двумя понятиями «ложь» и «истина» или «0» и «1». Благодаря этим утверждениям алгебра логики достаточно легко описать процессы, используемые в автоматике и вычислительной технике.

При создании своей алгебры Джордж Буль разработал логические функции.

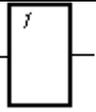
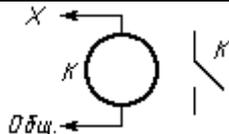
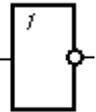
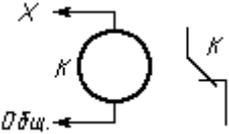
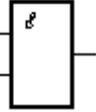
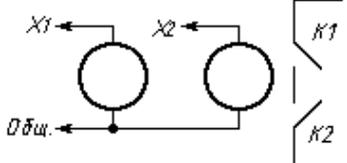
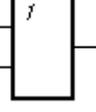
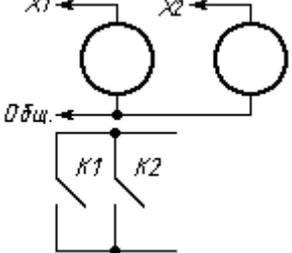
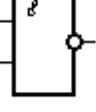
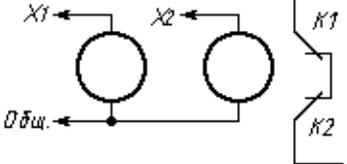
Любую из этих функций можно представить в виде выражения или в виде таблицы истинности, а также представить в виде механических гидравлических, электрических или электронных схем. Таблица истинности представляет собой таблицу в которой представлены значения аргументов и соответствующие им значения функции. Так как и аргументы и функция имеют только два значения «истина» и «ложь», то количество строк (наборов аргументов) в таблице определяется количеством переменных и равно  $2^N$ , где  $N$  - количество переменных.

Логические функции могут быть представлены также в виде электронных элементов, простых электронных схем как, правило, микросхем или частей микросхем, о чём мы будем говорить на ближайших лекциях и в виде релейно-контактных конструкций.

Активные элементы электронных схем: радиолампы, полупроводниковые диоды, и транзисторы могут находиться в трёх состояниях –отсечки (выключен - ток не проводит), линейный режим (проводит ток, но не максимального значения, применяется при усилении сигналов) и режим насыщения (полностью включён, проводит ток максимального значения). Для создания логических схем используются два режима работы: режим отсечки, как правило, соответствует логической «1» и режим насыщения, как правило, соответствует логическому «0».

Релейно-контактный эквивалент строится на электромагнитных реле, которые могут находиться только в двух состояниях: в сработавшем (реле под током) и в отпущенном (реле обесточено). Как известно реле состоят из: катушки с обмоткой из изолированного провода, сердечника, якоря, и контактной группы. Когда по обмотке течёт ток (реле под током) контактные группы переключаются в рабочее положение, и наоборот, когда обмотка обесточена контактные группы находятся в исходном положении. Если использовать контактную группу на переключение, имеющую нормально замкнутый и нормально разомкнутый контакты, то реле также можно применить для построения логических функций, принимая нормально разомкнутый замкнутый контакт за логическую «1» и нормально замкнутый контакт за логический «0».

### Основные логические операции:

Операция	Название операции	Таблица истинности	Алгебраическое выражение	Электронный эквивалент	Релейно-контактный эквивалент															
Да	Буферизация	<table border="1"> <tr><td>X</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	X	Y	0	0	1	1	$Y=X$											
X	Y																			
0	0																			
1	1																			
Нет	Отрицание, инверсия	<table border="1"> <tr><td>X</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	X	Y	0	1	1	0	$Y=\bar{X}$											
X	Y																			
0	1																			
1	0																			
И	Логическое умножение, конъюнкция	<table border="1"> <tr><td>X1</td><td>X2</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	X1	X2	Y	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	$Y=X1 \cdot X2 = X1 \wedge X2$		
X1	X2	Y																		
0	0	0																		
0	1	0																		
1	0	0																		
1	1	1																		
ИЛИ	Логическое сложение, дизъюнкция	<table border="1"> <tr><td>X1</td><td>X2</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	X1	X2	Y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	$Y=X1 + X2 = X1 \vee X2$		
X1	X2	Y																		
0	0	0																		
0	1	1																		
1	0	1																		
1	1	1																		
И-НЕ	Штрих Шеффера	<table border="1"> <tr><td>X1</td><td>X2</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	X1	X2	Y	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	$Y=\bar{X1} \cdot \bar{X2} = \bar{X1} \wedge \bar{X2}$		
X1	X2	Y																		
0	0	1																		
0	1	1																		
1	0	1																		
1	1	0																		

ИЛИ-НЕ	Стрелка Пирса	<table border="1"> <tr><td>X1</td><td>X2</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	X1	X2	Y	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	$Y = X1 + X2 = X1 \vee X2$		
X1	X2	Y																		
0	0	1																		
0	1	0																		
1	0	0																		
1	1	0																		
Исключающ ее ИЛИ	Сумма по модулю 2	<table border="1"> <tr><td>X1</td><td>X2</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	X1	X2	Y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	$Y = X1 \oplus X2$		
X1	X2	Y																		
0	0	0																		
0	1	1																		
1	0	1																		
1	1	0																		
	Эквивалентнос ть	<table border="1"> <tr><td>X1</td><td>X2</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	X1	X2	Y	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	$Y = 1$ , если $X1 = X2$		
X1	X2	Y																		
0	0	1																		
0	1	0																		
1	0	0																		
1	1	1																		

С функциями алгебры логики можно проводить следующие математические операции, которые описываются законами логики. Большинство этих законов совпадает с математическими законами, которые мы изучали в школе на уроках математики.

#### Законы алгебры логики

Закон двойного отрицания	1	$a = \overline{\overline{a}}$	Двойное отрицание исключает отрицание.
Переместительный (коммутативный) закон	2	$a \vee b = b \vee a$	Для логического сложения
	3	$a \wedge b = b \wedge a$	Для логического умножения
Сочетательный (ассоциативный) закон:	4	$(a \vee b) \vee c = a \vee (b \vee c) = a \vee b \vee c$	Для логического сложения
	5	$(a \wedge b) \wedge c = a \wedge (b \wedge c) = a \wedge b \wedge c$	Для логического умножения
Распределительный (дистрибутивный) закон	6	$(a \vee b) \wedge c = (a \wedge c) \vee (b \wedge c)$	Для логического сложения
	7	$(a \wedge b) \vee c = (a \vee c) \wedge (b \vee c)$	Для логического умножения
Закон общей инверсии (законы де Моргана)	8	$\overline{a \vee b} = \overline{a} \wedge \overline{b}$	Для логического сложения
	9	$\overline{a \wedge b} = \overline{a} \vee \overline{b}$	Для логического умножения
Закон идемпотентности	10	$a \vee a = a$	Для логического сложения
	11	$a \wedge a = a$	Для логического умножения
Законы исключения констант	12	$a \vee 1 = 1$	Для логического сложения
	13	$a \vee 0 = a$	
	14	$a \wedge 1 = a$	Для логического умножения
15	$a \wedge 0 = 0$		

### 3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.

4) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Какие функции алгебры логики вы знаете?
2. Основные соотношения алгебры логики?
3. Какими математическими законами используются в алгебре логики?
4. Как задаются функции алгебры логики?

### ПЛАН УРОКА №5.

Группа:

Число:

**Тема урока:** "Алгоритм перехода от высказывания к табличной и функциональной аналитической форме записи переключательных функций. Основы аналитического и графического (карты Карно) способов минимизации функций. Методика перехода от нормальной к совершенным формам записи переключательных функций при аналитическом и графическом способах. Основы синтеза и анализа комбинационных логических схем".

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о алгебре логики, её функциях электронных эквивалентах, её применении в составлении цифровых схем.

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;
- преподавания: стимулирующий;
- учения: частично - поисковый;
- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

1. Какие вы знаете логические функции?
2. Как могут быть представлены логические функции?
3. Какие используются законы логической математики?

2) *приемы преподавания:* активизация ЗУН студентов;

3) *приемы учения:* участие в диалогической беседе.

### **2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 МИН**

1) Содержание нового материала:

**Тема** Алгоритм перехода от высказывания к табличной и функциональной аналитической форме записи переключательных функций. Основы аналитического и графического (карты Карно) способов минимизации функций. Методика перехода от нормальной к совершенным формам записи переключательных функций при аналитическом и графическом способах. Основы синтеза и анализа комбинационных логических схем.

1. Работу всех устройств можно описать словесно. Если для такого описания используются в виде простых приказов (включить, выключить, сложить, сравнить и т.д.), то такое описание будет называться алгоритмом.

В каждом логическом устройстве на входе будут присутствовать входные сигналы, например датчиков температуры, давления, открытия (включения) или закрытия (выключения) устройства - водяного вентиля, двери высоковольтной камеры, крайнего положения тормозной системы и т.д. Главным условием этих датчиков должна быть дискретность их выходных сигналов (0 или 1). Эти сигналы будут аргументами логических функций, логического устройства.

На выходе логического устройства может быть один или несколько сигналов – функций зависящих от состояния входных сигналов – аргументов. Выходные сигналы также будут дискретными, имеющими два значения «0» или «1».

2. На основании таких алгоритмов создаётся таблица истинности, которая

представляет собой таблицу, в которой выделяются столбцы для записи значений аргументов и столбцы для записи значений функций. В такой таблице может быть несколько строк с различными значениями аргументов и функций. Значения аргументов записанные в одной строке и имеющие одно значение функции называется набором аргументов. Главное условие таблицы, чтобы в разных строках не было одинаковых наборов аргументов.

Количество наборов аргументов будет равно  $K = P^n$ , где  $P$  – основание системы счисления;  $n$  – число аргументов.

Например, количество аргументов  $n=3$ , количество функций равно 2. Число наборов будет равно  $K = P^n = 2^3 = 9$ .

Таблица истинности

X1	X2	X3	Y1	Y2
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	0

3. Содержимое таблицы истинности можно записать в алгебраической форме. Как видно из таблицы, например, для функции  $Y1$  есть три строки, когда функция принимает значение «истина», т.е. «1». Наборы аргументов в этих строках уникальны, то есть больше не повторяются. Поэтому каждую строку можно записать с помощью конъюнкции, то есть  $X1 \cdot X2 \cdot X3$ , тогда для последней строки получается  $Y = X1 \cdot X2 \cdot X3 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$ . А как быть в других строках, где присутствует «0», например, вторая строка  $Y = X1 \cdot X2 \cdot X3 = 0 \cdot 0 \cdot 1 = 0$ , а функция  $Y$  должна быть равна «1». А почему бы не перед умножением не проинвертировать аргументы  $X1$  и  $X2$ , тогда  $Y = \overline{X1} \cdot \overline{X2} \cdot X3 = 0 \cdot 0 \cdot 1 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$ . В тоже время есть несколько строк (наборов) с одинаковыми значениями функции, например, для  $Y1$  это вторая, четвёртая и девятая строки. В этом случае наборы перечисленных строк можно записать с помощью функции дизъюнкции (сложение). И тогда для нашего примера:

$$Y1 = \overline{X1} \cdot \overline{X2} \cdot X3 + \overline{X1} \cdot X2 \cdot X3 + X1 \cdot X2 \cdot X3$$

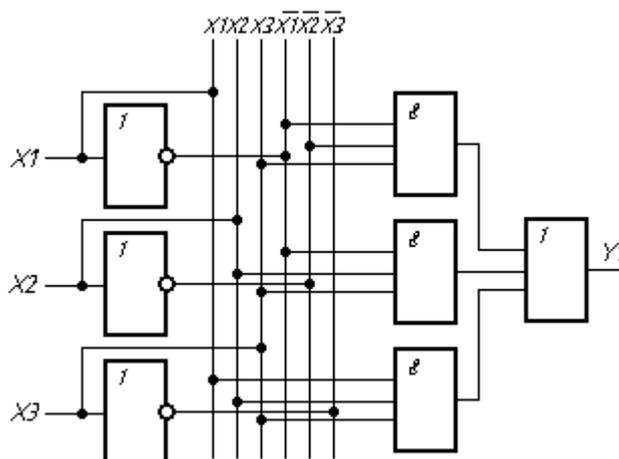
$$Y2 = \overline{X1} \cdot \overline{X2} \cdot \overline{X3} + \overline{X1} \cdot X2 \cdot \overline{X3} + X1 \cdot \overline{X2} \cdot \overline{X3} + X1 \cdot X2 \cdot \overline{X3}$$

4. После выражения логических функций в дизъюнктивной или конъюнктивной формах выражения требуется упростить, то есть минимизировать. Это можно сделать алгебраически используя законы логики или, если форма представления функции является совершенной, используя карты Карно или Вейча.

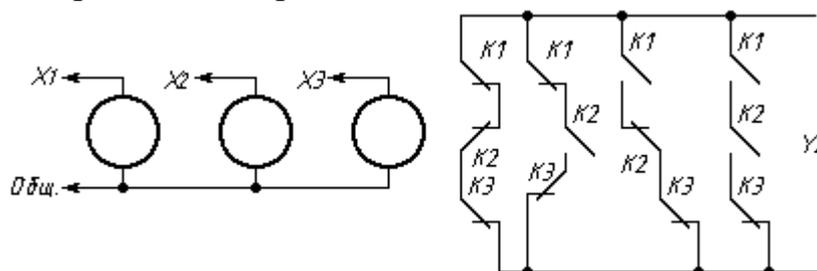
5. Теперь алгебраическую запись легко представить с помощью электронных и релейно-контактных эквивалентов.

Представим функцию  $Y1$  в электронном эквиваленте.

Чтобы не было путаницы в проводах лучше использовать изображение связей в виде струн.



Функцию представим в релейно-контактном эквиваленте.



Алгебраическое выражение логических функций, как в вышеприведённом примере, может быть создано при учёте, что функция должна быть равна логической «1», тогда эта функция является дизъюнктивной формой. Можно написать алгебраическое выражение при условии что функция будет равна «0», тогда эта функция является конъюнктивной формой.

Дизъюнктивная форма может во всех дизъюнкциях содержать все аргументы  $X1, X2, X3$  и тогда она называется совершенной, некоторые функции могут в каждой дизъюнкции содержать не все аргументы и тогда она будет называться несовершенной.

Таким образом, мы можем говорить о:

СДНФ – совершенная дизъюнктивная нормальная форма;

ДНФ – дизъюнктивная нормальная форма;

СКНФ – совершенная дизъюнктивная нормальная форма;

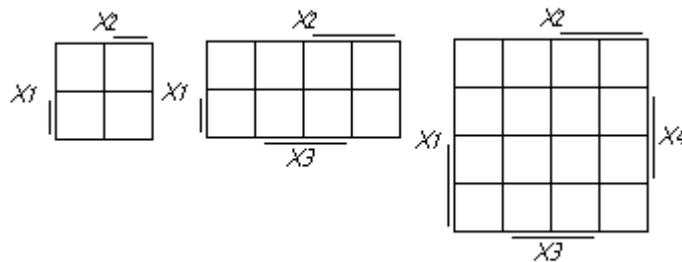
КНФ – дизъюнктивная нормальная форма;

В случае СДНФ и ДНФ все дизъюнкции должны быть только при одном уникальном сочетании значений аргументов равны «1», поэтому они называются *минтермами* или *конституентами единицы*.

В случае СКНФ и КНФ все конъюнкции должны быть только при одном уникальном сочетании значений аргументов равны «0», поэтому они называются *макстермами* или *конституентами нуля*.

Принцип минимизации логических функций поясним на примере карт Карно. Принцип, на котором основаны эти карты, состоит в использовании выражения  $X + \bar{X} = 1$ , то есть  $X1\bar{X}2 + \bar{X}1X2 = X1(\bar{X}2 + X2) = X1$ .

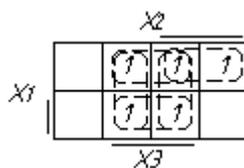
Карты – таблицы рисуются для разного количества аргументов так, чтобы количество клеток должно быть равно количеству наборов аргументов.



Пример использования таблицы Карно.

$$Y2 = \bar{X}1 \cdot \bar{X}2 \cdot \bar{X}3 + \bar{X}1 \cdot \bar{X}2 \cdot X3 + X1 \cdot \bar{X}2 \cdot \bar{X}3 + X1 \cdot \bar{X}2 \cdot X3$$

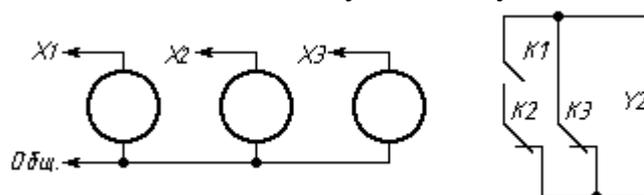
Так как у нас три аргумента  $X1, X2, X3$ , выбираем таблицу для трёх аргументов (средняя). В этом выражении, чтобы функция была равна «1», все дизъюнкции должны быть соответственно равны «1», поэтому в таблице будут записываться 1. Для упрощения пояснения пронумеруем все клетки слева направо и сверху вниз. Всего их 8. Первая дизъюнкция  $\bar{X}1 \cdot \bar{X}2 \cdot \bar{X}3$  представляет собой конъюнкцию трёх аргументов. Начнём с  $\bar{X}3$ . Значения оставшихся аргументов дизъюнкции должны находиться в клетках 2, 3, 6, 7 для того, чтобы  $\bar{X}3$  имел значение  $\bar{X}3$ . Затем рассмотрим, какие клетки останутся для  $\bar{X}1$ . Так как второй аргумент  $\bar{X}2$  является инверсным, то для аргумента  $\bar{X}1$  остаются клетки 3 и 7. Ну и наконец, сам  $\bar{X}1$  имеет значение  $\bar{X}1$ , то «1» помещается в 7 клетку. Аналогично расставляются остальные дизъюнкции таблица принимает вид:



В результате получаем:

Рассматриваем 2, 3, 6 и 7 клетки, здесь неизменное значение имеет только один аргумент  $X_3$  и 3 и 4 клетках неизменное значение имеют  $X_1 \cdot X_2$ . Таким образом, выражение будет  $Y_2 = X_3 + X_1 \cdot X_2$ . Как видим из выражения аргумент

Релейно-контактный эквивалент будет следующий:



Как мы видим, что схема стала на много проще.

### 3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.

5) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Как называются формы представления логических функций?
2. Назовите последовательность действий при разработке логического устройства?
3. Какие способы существуют для минимизации логических выражений?
4. Как строятся электронный эквиваленты логических выражений?
5. Как строятся релейно-контактный эквиваленты логических выражений?

## ПЛАН УРОКА №6.

Группа:

Число:

**Тема урока:** "Общие сведения о цифровых интегральных микросхемах (ЦИМС) и область их применения. Основные серии ЦИМС для построения логических устройств. Классификация серий ЦИМС по функциональному назначению, физическому принципу работы активных элементов (схемотехническое решение), электрическим и эксплуатационным параметрам, выполняемым функциям, классам (типам). Номенклатура и серии цифровых интегральных микросхем. Конструктивное оформление

интегральных микросхем. Система цифробуквенного обозначения серий цифровых интегральных микросхем. Основные параметры ЦИМС. Сравнительные параметры ЦИМС с различными видами схемотехнических решений.

Общая характеристика последовательных и комбинационных цифровых логических устройств на основе ЦИМС. Функциональные схемы и условные графические обозначения ЦИМС в зависимости от функционального назначения. Особенности включения ЦИМС в функциональных схемах логических устройств".

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о алгебре логики, её функциях электронных эквивалентах, её применении в составлении цифровых схем.
- воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.
- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;
- преподавания: стимулирующий;
- учения: частично - поисковый;
- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

1. Каков алгоритм создания логического устройства?
2. Как заполняется таблица истинности?

3. Как составляются и записываются логические выражения?
4. Какие бывают формы представления логических функций?
5. Какие методы используются для минимизации логических выражений?
6. Как строятся электронный и релейно-контактный эквиваленты?

2) *приемы преподавания*: активизация ЗУН студентов;

3) *приемы учения*: участие в диалогической беседе.

## **2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 МИН**

1) Содержание нового материала:

**Тема** Общие сведения о цифровых интегральных микросхемах (ЦИМС) и область их применения. Основные серии ЦИМС для построения логических устройств. Классификация серий ЦИМС по функциональному назначению, физическому принципу работы активных элементов (схемотехническое решение), электрическим и эксплуатационным параметрам, выполняемым функциям, классам (типам). Номенклатура и серии цифровых интегральных микросхем. Конструктивное оформление интегральных микросхем. Система цифробуквенного обозначения серий цифровых интегральных микросхем. Основные параметры ЦИМС. Сравнительные параметры ЦИМС с различными видами схемотехнических решений.

Общая характеристика последовательных и комбинационных цифровых логических устройств на основе ЦИМС. Функциональные схемы и условные графические обозначения ЦИМС в зависимости от функционального назначения. Особенности включения ЦИМС в функциональных схемах логических устройств.

1. В прошлом веке эквиваленты логических функций выполняли с помощью механических, гидравлических, релейно-контактных эквивалентов. Главная проблема заключалась в том, эти эквиваленты занимали большое пространство, были тяжёлыми, потребляли много энергии и медленно работали. С развитием радиотехники (электроники) всё чаще стали использовать электронные эквиваленты. Сначала это были радиолампы, которые также занимали большой объём, обладали значительным весом и потреблением электроэнергии, при этом были значительно более быстродействующими. Затем появились транзисторы, и наконец микросхемы. Скорость работы значительно возросла, вес и габариты уменьшились, потребление энергии сократилось. Так как транзисторные схемы в настоящее время остались только в тех узлах, где необходимо коммутировать (переключать) мощную нагрузку, но и там их всё чаще

заменяют мощные микросхемы. Поэтому в этом курсе мы рассмотрим только цифровые микросхемы.

2. Микросхемой называется собранная в одном корпусе часть электронной схемы выполняющая определённую функцию. Например, функция «НЕ», «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ» и т.д. С электрической точки зрения логические схемы разных устройств отличаются друг от друга скоростью работы, потреблением энергии, напряжением питания, входным и выходным напряжением «0» и «1», габаритами, весом, рабочим температурным диапазоном технологическим процессом изготовления и т.д. Микросхемы выпускаются сериями. Микросхемы одной серии изготавливаются с помощью одного технологического процесса, имеют одинаковое конструктивное оформление, одинаковое напряжение питания, одинаковые напряжения «0» и «1», но разное функциональное назначение. Например: К555ЛА3, К555ИД7, К555ИЕ6. Это микросхемы одной серии, выполнены по одной технологии, имеют одинаковое конструктивное оформление, напряжение питания. напряжения «0» и «1», но К555ЛА3 - это 4 элемента «И-НЕ», К555ИД7 – это дешифратор на восемь выходов, а К555ИЕ6 – двоично-десятичный реверсивный счётчик. Но все перечисленные микросхемы можно включать в одну большую логическую схему не задумываясь о их согласовании, как это надо делать в транзисторной аналоговой аппаратуре.

3. Внутреннее содержимое микросхем достаточно сложное и значительно зависит от рабочей частоты микросхемы. В наиболее высокочастотных микросхемах ( $f_p \geq 200$  МГц), например, 100, 500, 1500 серий используется эмиттерно- связанная логика, в основе которой лежит балансный каскад. Эта логика кроме высокочастотности отличается значительным потреблением электроэнергии.

Следующей среднечастотной логикой была ТТЛ логика (транзисторно-транзисторная логика). Первая серия нашедшая широкое распространение была 155 серия. Её максимальная рабочая частота была  $f_p = 10$  МГц, одновременно появились 130 серия немного более высокочастотная  $f_p = 35$  МГц, но и с большим потреблением энергии. И более экономичная 134 серия, но  $f_p = 3$  МГц. В основе этих схем лежат одноконтурные каскады ОК, ОЭ и выходной двухконтурный бестрансформаторный каскад, Развитие этих серий шло по пути понижения потребляемой мощности и повышения рабочей частоты. У микросхем серий 1531 и К1531  $f_p \leq 5$  ГГц.

Исторически сложилось так, что так, что первые в мире цифровые микросхемы широкого потребления были сделаны в США, поэтому все

Советские разработки были выполнены как аналоги американских микросхем.

Ещё одним из технологических направлений в области цифровых микросхем является МОП а затем и КМОП структуры. МОП это схемы собранные на полевых транзисторах с изолированным затвором. Эти микросхе

Мы по сравнению с ТТЛ микросхемами потребляют очень мало электроэнергии, но наиболее экономичные микросхемы структуры КМОП – комплементарные металл-окисел полупроводники. Эта структура в потребляет энергию только в динамическом режиме, то есть только в момент переключения. Это направление в настоящее время имеет большое развитие. Главной проблемой подлежащей решению является повышение рабочей частоты выше 2 МГц. Сейчас известны серии КМОП микросхем с рабочей частотой превышающей 50 МГц.

4. Маркировка цифровых микросхем. Марки российской микросхемы, например, К176ЛА7 состоит из: К – ставится для микросхем используемых в устройствах широкого применения (в МС спецназначения этой буквы нет); 176 серия микросхем; функциональное назначение ЛА – элемент «И-НЕ» 7 – различие отдельных видов микросхем данного функционального назначения (в данном случае это 2И-НЕ, т.е. имеет два входа). Маркировка зарубежных микросхем похожа на русскую, но имеет более низкую информативность. Например, SN7400. SN - ставится для микросхем используемых в устройствах широкого применения; 74 – серия микросхем (соответствует нашей серии 155); 00 – исполняемая функция 2И-НЕ (соответствует нашей ЛА3)

Ниже представлены две таблицы соответственно для ТТЛ и КМОП микросхем.

#### Серии микросхем

Обоз. ИНО мс.	Обоз.серий мс.	Логические элементы		Нагрузка		Частота переключения триггеров, МГц
		Р <sub>пот</sub> , мВт	t <sub>зад</sub> , нс	C <sub>н</sub> , пФ	R <sub>н</sub> , кОм	
МС10К	100/500	35	3			
МС100К	1500	40	0,75			
54	133	10	9	15	0,4	35
74	155	10	9	15	0,4	35
54ALS	1533	1	4	15	2	70
74ALS	КР1533	1	4	15	2	70
54AS	1530	20	1,5			200
74AS	1530 (1531)	20	1,5			200
54F	1531	4	2	15	0,28	120
74F	КР1531	4	2	15	0,28	120
54H	130	22	6			50
74H	131	22	6			50
54L	136	1	33	50	4	3
74L	134	1	33	50	4	3

54LS	533	2	9,5	15	2	45
74LS	555	2	9,5	15	2	45
54S	530	19	3	15	0,28	125
74S	531	19	3	15	0,28	125
CD40....	K176	0,05	105			3
CD40....A	KP561/564	0,05	100			12
CD40....B	KP1561	0,1	30			
MC140....A	KP561					
MC140....B	KP1561					
MM54HC	KP1564					
54AC	1554	0,006	3,7			130
74AC	KP1554	0,04	3,5			130
54HC	1564					40
74HC	KP1564	0,1	10			40
54ACT	1594		8			130
74ACT	KP1594					130
74VHC	5584					
CT	5564					20

### Функции TTL микросхем

Обоз.функц. ИНО мс.	Обоз.функц. отеч. мс.	Обоз.функц. ИНО мс.	Обоз.функц. отеч. мс.	Обоз.функц. ИНО мс.	Обоз.функц. отеч. мс.
00	ЛА3	90	ИЕ2	150	КП1
01	ЛА8	91	ИР2	151	КП7
02	ЛЕ1	92	ИЕ4	152	КП5
03	ЛА9	93	ИЕ5	153	КП2
04	ЛН1	95	ИР1	154	ИД3
05	ЛН2	97	ИЕ8	155	ИД4
06	ЛН3	121	АГ1	160	ИЕ9
72	ТВ1	123	АГ3	161	ИЕ10
74	ТМ2	124	ГГ1	187	РЕ21,РЕ22, РЕ23,РЕ24
80	ИМ1	138	ИД7	189	РУ8
81	РУ1	139	ИД14	279	ТР2
82	ИМ2	141	ИД1	299	ИР24
83	ИМ3	147	ИВ3	630	ВЖ1
89	РУ2	148	ИВ1		

### Функции КМОП микросхем

Обоз.функц. ИНО мс.	Обоз.функц. отеч. мс.	Обоз.функц. ИНО мс.	Обоз.функц. отеч. мс.	Обоз.функц. ИНО мс.	Обоз.функц. отеч. мс.
00	ЛП4	30	ЛП2	МС14040В	КР1561ИЕ20
01	ЛА5	31	ИР4	МС14050В	КР1561КП3
02	ЛЕ6	34А	ИР6	МС14076В	КР1561ИР14
03	ТМ1	35А	ИР9	МС14094В	КР1561ПР1
05	РМ1	42А	ТМ3	МС14161В	КР1561ИЕ21
06	ИР1	43А	ТР2	МС14194В	КР1561ИР15
07	ЛП1	46А	ГГ1	МС14502А	КР561ЛН1
08	ИМ1	49А	ЛН2	МС14516А	КР561ИЕ11
09	ПУ2	50А	ПУ4	МС14519В	КР1561КП4
10	ПУ3	51А	КП2	МС14520А	КР561ИЕ10
11	ЛА7	52А	КП1	МС14531А	КР561СА1
12	ЛА8	54А	УМ1	МС14555ВЕ	КР1561ИД6
13	ТМ2	55А	ИД4	МС14556ВЕ	КР1561ИД7
15	ИР2	56	ИД5	МС14580А	КР561ИР11
16	КТ1	59А	ИЕ15	МС14581А	564ИП3
17	ИЕ8	61А	РУ2А, Б	МС14582А	564ИП4
19А	ЛС2	66А	КТ3	МС14585А	564ИП2

20А	ИЕ16	70В	ЛП14	54НС14	1564ТЛ2
22А	ИЕ9	81В	ЛИ2	54НС30	1564ЛА2
23	ЛА9	93В	ТЛ1	54НС51	1564ЛР11
24	ИЕ1	98В	АГ1	54НС77	1564ТМ5
25	ЛЕ10	101В	ИП6	54НС147	1564ИВ3
27	ТВ1	107В	ЛА10	54НС193	1564ИЕ7
28	ИД1	109А	ПУ6	UPD 4503BC	K561ЛН3
29А	ИЕ14			ТА5971	K176ИЕ2

5. Для нахождения аналога зарубежной микросхемы, например 74LS138, марка микросхемы делится на две части 74LS и 138. Первая часть серия 74LS находится в таблице «Серии микросхем» 74LS=555 серия. Вторая часть 138 находится по таблице «Функции ТТЛ микросхем» 138=ИД7. Получилась марка 555ИД7 для спецприменения или К555ИД7 для общего применения.

### 3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.

б) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Какие имеются направления в развитии цифровых микросхем?
2. Что называется серией микросхем?
3. Какие серии микросхем вы знаете, их особенности?
4. Как в России маркируются цифровые микросхемы?
5. Как за рубежом маркируются цифровые микросхемы?
6. Как определить аналог иностранной микросхемы?

## ПЛАН УРОКА №7.

Группа:

Число:

**Тема урока:** "Общие сведения о триггере как простейшем конечном цифровом автомате. Назначение триггеров и их применение в аппаратуре железнодорожной автоматики и телемеханики. Типы триггеров. Классификация триггеров по способу записи и управления информацией, организации логических связей. Назначение и обозначение входов и выходов триггеров. Методика определения состояния триггеров. Основные параметры. Построение триггеров на основе логических элементов интегральной схемотехники методом синтеза. Основные понятия о статическом и динамическом управлении триггером. Принцип функционирования асинхронного RS-триггера (бистабильная ячейка памяти)

на основе логических элементов И-НЕ и ИЛИ-НЕ в интегральной схемотехнике с прямыми инверсными входами".

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о цифровых автоматах, принципах построения триггеров, их функциях, их применение в составлении цифровых схем.

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;
- преподавания: стимулирующий;
- учения: частично - поисковый;
- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

- 2) Какие имеются направления в развитии цифровых микросхем?
- 3) Что называется серией микросхем?
- 4) Какие серии микросхем вы знаете, их особенности?
- 5) Как в России маркируются цифровые микросхемы?
- 6) Как за рубежом маркируются цифровые микросхемы?
- 7) Как определить аналог иностранной микросхемы?
- 8) *приемы преподавания:* активизация ЗУН студентов;
- 9) *приемы учения:* участие в диалогической беседе.

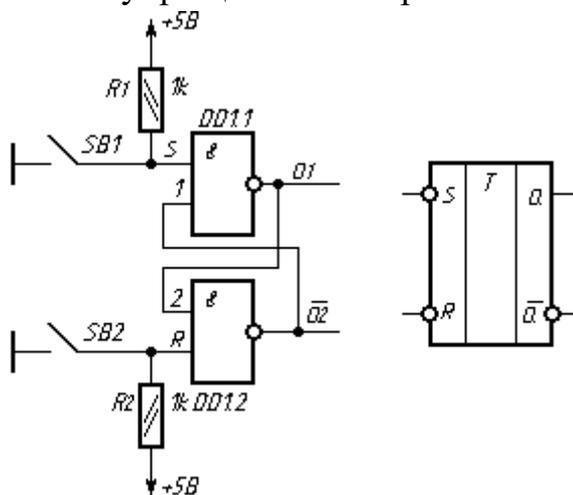
### **2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 мин.**

1) Содержание нового материала:

**Тема** Общие сведения о триггере как простейшем конечном цифровом автомате. Назначение триггеров и их применение в аппаратуре железнодорожной автоматики и телемеханики. Типы триггеров. Классификация триггеров по способу записи и управления информацией, организации логических связей. Назначение и обозначение входов и выходов триггеров. Методика определения состояния триггеров. Основные параметры. Построение триггеров на основе логических элементов интегральной схемотехники методом синтеза. Основные понятия о статическом и динамическом управлении триггером. Принцип функционирования асинхронного RS-триггера (бистабильная ячейка памяти) на основе логических элементов И-НЕ и ИЛИ-НЕ в интегральной схемотехнике с прямыми инверсными входами.

1. Все цифровые устройства можно разделить на цифровые автоматы и комбинационные устройства. Комбинационные устройства формируют выходной сигнал на основе сигналов на входе устройства присутствующих в данный момент времени. Автоматы формируют выходной сигнал не только на основе сигналов на входе устройства присутствующих в данный момент времени, но и с учётом предыдущих состояний устройства. Одним из простейших автоматов является триггер. Сам триггер не является базовым элементом, так как он собирается из более простых логических схем, например, на элементах «И-НЕ» или «ИЛИ-НЕ». Основная задача триггера запоминание предыдущего состояния – элемент (ячейка) памяти и деление поступающей серии импульсов на 2.

2. Схема простейшего триггера приведена ниже. Слева принципиальная схема триггера, а справа его упрощённое изображение.



Собственно схема триггера состоит из двух логических элементов соединённых последовательно и охваченных обратной связью. Так как в

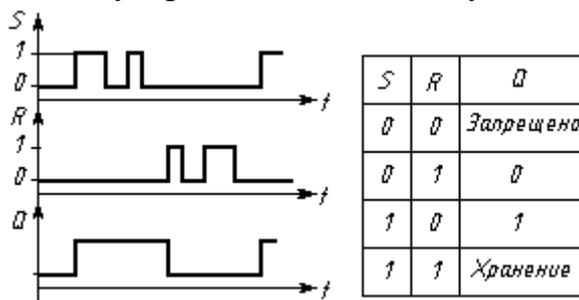
схеме триггера отсутствуют реактивные элементы, то триггер быстро переключившись по входному сигналу из одного состояния в другое остаётся в нем до тех пор пока на его вход не поступит следующий сигнал, после чего процесс повторится.

Разберём работу приведённой схемы. Если обе кнопки разомкнуты, то на входы  $S$  и  $R$  подаются логические «1». При включении питания один из логических элементов (например, DD1.1) переключается и на выходе  $Q1$  появляется логический «0». Этот ноль подаётся на вход 2 и элемент DD1.2 принудительно устанавливается в «1» (см. таблицу истинности элемента «И-НЕ»), то есть на выходе  $Q2$  устанавливается «1». Эта единица подаётся на вход 1 элемента DD1.1. и подтверждает на выходе  $Q1$  «0». Такое состояние триггера, когда на  $Q1=0$ , а на  $Q2=1$ , называется нулевым (исходным). Состояние триггера оценивается по состоянию выхода  $Q1$ .

При включении (даже кратковременном) кнопки SB1 на вход  $S$  подаётся «0» элемент DD1.1. принудительно переключает выход  $Q1$  в «1», тогда на вход 2 подаётся единица и так как на входе  $R=1$ , то выход  $Q2=0$ , что подтверждает на выходе  $Q1$  в «1». Триггер перешёл в состояние «1».

При кратковременно замыкании кнопки SB2 на вход  $R$  подаётся «0» элемент DD1.2. принудительно переключает выход  $Q2$  в «1», тогда на вход 1 подаётся единица и так как на входе  $S=1$ , то выход  $Q1=0$ , что подтверждает на выходе  $Q2$  «1». Триггер вернулся в состояние «0».

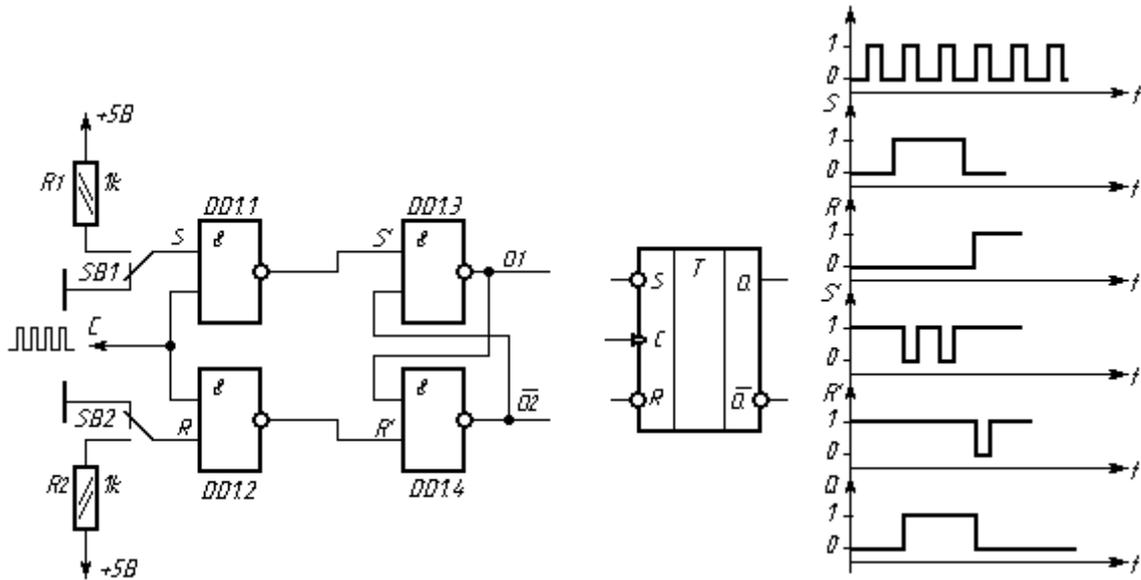
При одновременном включении обеих кнопок Оба логических элемента встанут в положение «0» и будут в нём находиться пока кнопки нажаты. Это состояние неустойчиво. При отпускании кнопок (даже обеих одновременно) один из логических элементов быстрее переедёт в состояние «1» и перевернёт другой логический элемент. И с вероятностью 50% триггер перейдёт в любое состояние «0» или «1». А это может привести к неправильной работе всего устройства, что недопустимо.



Такой триггер называется по имени входов RS-триггером. Он является асинхронным, так как переключение может произойти в любой момент по приходу импульса на любой из входов. А пришедший импульс не обязательно может быть сигналом. Поэтому у очень низкая помехоустойчивость.

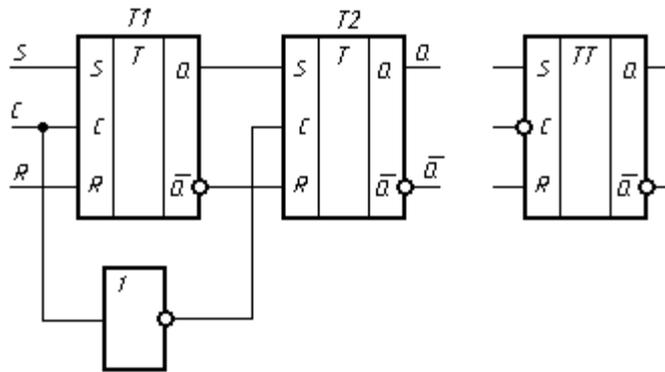
Значительно повысить помехоустойчивость можно, если переключать в строго определённые промежутки времени. Если сигнал попадёт в такой промежуток времени – триггер перевернётся, а если нет он не будет реагировать на напряжения на входах.

Такой триггер называется Т-триггером, схема которого и диаграммы работы приведены ниже.



В этой схеме имеется тактовый вход – С (Clock), на который подаются тактовые импульсы. Если в момент прихода тактового импульса строго определённой длительности переключить кнопку SB1 или SB2 то перейдёт в новое состояние, только при совпадении импульса на входе R или S и тактового импульса C. В этом случае откроется логический элемент DD1.1 или DD1.2 и на вход R или S поступит импульс, который переключит RS-триггер.

Благодаря своей простоте и недорогой стоимости RS-триггеры широко применяются в схемах индикации. Часто для повышения надёжности и устранения возможности случайного срабатывания RS-триггер собирается по так называемой двухступенчатой (двухкаскадной) схеме. В этом случае первый триггер (Master) переключается по переднему фронту (нарастанию), а второй триггер (Slave) по заднему фронту (спаду) тактового импульса



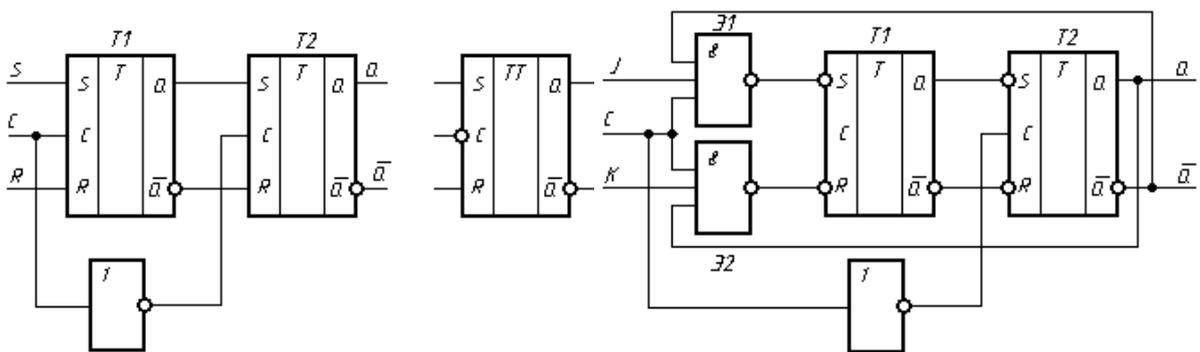
Часто в более сложных устройствах счётчиках, регистрах применяют другие виды триггеров D- и JK-триггеры.

Эти триггеры более универсальны и более защищённые от несанкционированного срабатывания. Оба эти триггера являются двухкаскадными.

D-триггером называется триггер, который по тактовому импульсу переходит в то состояние в котором к этому моменту находился вход D.

JK-триггер по тактовому импульсу переходит в состояние «1», если на входе J=1, а на входе K=0 и устанавливается в «0», если на входе J=0, а на входе K=1.

Схемы триггеров приведены ниже.

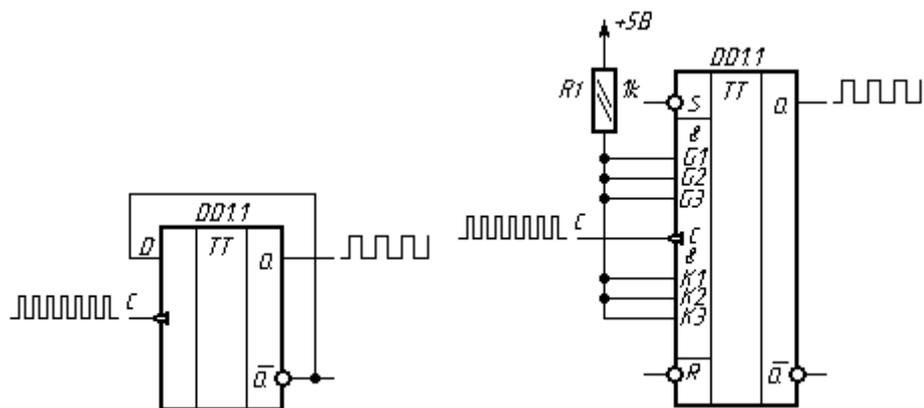


Все рассмотренные триггеры могут выполнять одну из двух функций.

Первая - запоминание и хранение информации (один триггер – один бит информации). Триггер может хранить информацию до тех пор, пока есть питание триггера.

Вторая - триггер может работать в счётном режиме и считать приходящие на него импульсы, точнее он делит частоту приходящих импульсов на 2.

Схемы триггеров находящихся в счётном режиме приведены ниже.



### 3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.

7) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Что называется логическим автоматом?
2. Как работает RS-триггер?
3. Как повысить помехоустойчивость RS-триггера?
4. Как работает двухступенчатый RS-триггер?
5. Какие типы двухступенчатых триггеров вы знаете?
6. Как работает триггер в счётном режиме?

### ПЛАН УРОКА №8.

Группа:

Число:

**Тема урока:** " Общие сведения о счетчиках. Назначение и типы счетчиков и пересчетных устройств. Классификация и параметры счетчиков. Принцип функционирования счетчиков. Максимальный (избыточный) и эффективный коэффициенты счета счетчика. Переполнение счетчика. Принципы построения и работы счетчиков на сложение и вычитание с последовательным, параллельным, сквозным и групповым переносом. Таблица переходов счетчиков (таблица истинности, таблица состояний) и закон функционирования счетчика (характеристическое уравнение). Разрядность и коэффициент пересчета счетчиков, весовое соотношение разрядов. Ввод и вывод информации в счетчиках (последовательный и параллельный). Синхронные и асинхронные счетчики. Счетчик с изменяемым направлением счета (реверсивный счетчик). Самоостанавливающийся счетчик. Декадный двоично-десятичный счетчик. Построение и принцип работы счетчиков с

переменным коэффициентом пересчета. Кольцевые счетчики. Построение суммирующего двоичного счетчика методом синтеза. Варианты графического изображения функциональных схем счетчиков (вертикальное и горизонтальное). Условное графическое обозначение счетчиков. Каскадное соединение счетчиков (многоразрядные счетчики). Схемы делителя частоты импульсной последовательности на основе двоичных счетчиков (назначение, принцип построения и работа делителей с различными коэффициентами деления)".

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о счётчиках, их функциях принципах построения, их применение в составлении цифровых схем.
- воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.
- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;
- преподавания: стимулирующий;
- учения: частично - поисковый;
- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

- 2) Что такое цифровой автомат?
- 3) Как работает простейший RS-триггер?
- 4) Режимы работы триггеров?

- 5) Как работает простейший D-триггер?
- 6) Как работает простейший JK-триггер?
- 7) Как создать на D-триггере счётный режим?
- 8) *приемы преподавания:* активизация ЗУН студентов;
- 9) *приемы учения:* участие в диалогической беседе.

## **2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 мин.**

- 1) Содержание нового материала:

**Тема** Общие сведения о счетчиках. Назначение и типы счетчиков и пересчетных устройств. Классификация и параметры счетчиков. Принцип функционирования счетчиков. Максимальный (избыточный) и эффективный коэффициенты счета счетчика. Переполнение счетчика. Принципы построения и работы счетчиков на сложение и вычитание с последовательным, параллельным, сквозным и групповым переносом. Таблица переходов счетчиков (таблица истинности, таблица состояний) и закон функционирования счетчика (характеристическое уравнение). Разрядность и коэффициент пересчета счетчиков, весовое соотношение разрядов. Ввод и вывод информации в счетчиках (последовательный и параллельный). Синхронные и асинхронные счетчики. Счетчик с изменяемым направлением счета (реверсивный счетчик). Самоостанавливающийся счетчик. Декадный двоично-десятичный счетчик. Построение и принцип работы счетчиков с переменным коэффициентом пересчета. Кольцевые счетчики. Построение суммирующего двоичного счетчика методом синтеза. Варианты графического изображения функциональных схем счетчиков (вертикальное и горизонтальное). Условное графическое обозначение счетчиков. Каскадное соединение счетчиков (многоразрядные счетчики). Схемы делителя частоты импульсной последовательности на основе двоичных счетчиков (назначение, принцип построения и работа делителей с различными коэффициентами деления).

1. В цифровых устройствах часто возникает задача подсчитать количество импульсов, сохранить информацию об их числе, разделить частоту следования поступающих импульсов на определенное число (коэффициент деления). Эти операции может выполнить счётчик. Схемы счётчиков, как правило, строятся на включённых последовательно триггерах. Кроме триггеров в схеме счётчика часто присутствуют схемы управления, построенные на функциональной логике (И-НЕ, ИЛИ-НЕ и т.д.).

Счётчики бывают: синхронные, асинхронные двоичные, двоично-десятичные, суммирующие, вычитающие, с предустановкой и т.д. Один триггер, запоминающий один бит информации, в счётчиках называют ячейкой или разрядом. Счётчики бывают одноразрядные (один триггер) и

многоразрядные(цепочка триггеров), например 2,3...5..32 и т.д. Простейшая схема суммирующего счётчика представлена на рис ниже.

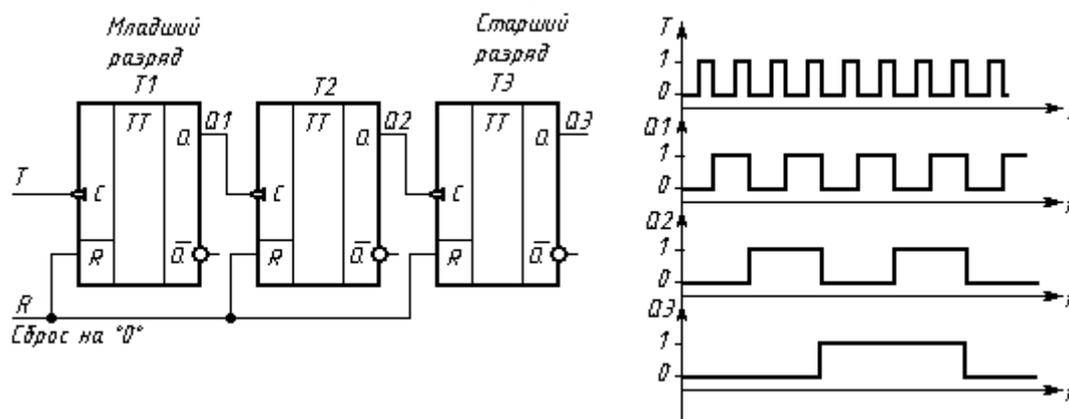


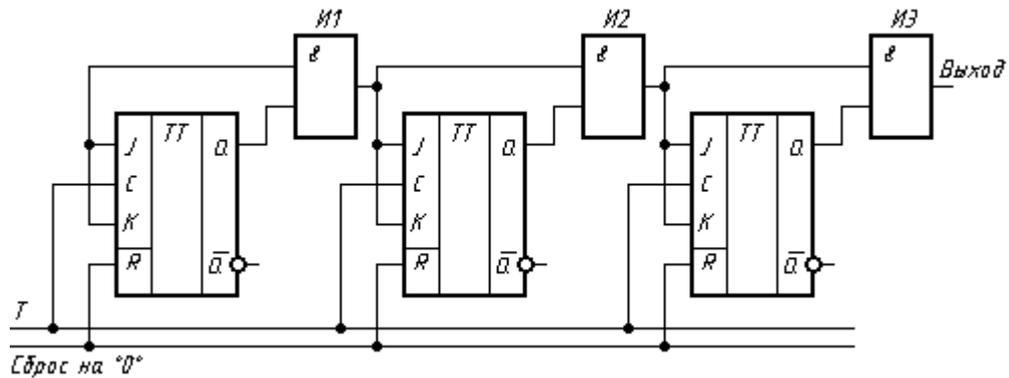
Схема счётчика содержит три последовательно включённых триггера. При подаче на вход Т последовательности импульсов первый триггер Т1 будет переключаться по спаду входных импульсов (об этом говорит значок  $\downarrow$ ). Переключение в состояние «1» и затем в состояние «0» будет происходить с каждым последующим импульсом на входе Т. Это означает, что на выходе Q1 возникнет последовательность импульсов длительность, которых буде в два раза превышать длительность входных импульсов. Тоже можно сказать и про паузу между импульсами. Следовательно, частота повторения импульсов на выходе будет в 2 раза меньше частоты повторения импульсов на входе Т (делитель частоты). Если в схеме включены несколько триггеров (у нас три), то так как каждый делит частоту в два раза, то два триггера будут делить частоту в 4 раза, а три – в восемь раз. То есть коэффициент деления будет равен где Р – основание системы счисления в которой работает счётчик, n – количество ячеек – разрядов счётчика.

Триггер также – ячейка счётчика запоминает количество пришедших импульсов - один (состояние «1») или два (состояние «0»). Поэтому если, а остальные останутся в состоянии «0». При поступлении второго импульса первый триггер перейдёт в состояние «0», а второй в состояние «1». При поступлении третьего импульса первый триггер вновь перейдёт в состояние «1», а остальные своего состояния не изменят. Счёт разрядов в схеме идёт слева направо, то есть первый триггер – это самый младший разряд, крайний правый триггер – самый старший разряд.

Можно составить таблицу:

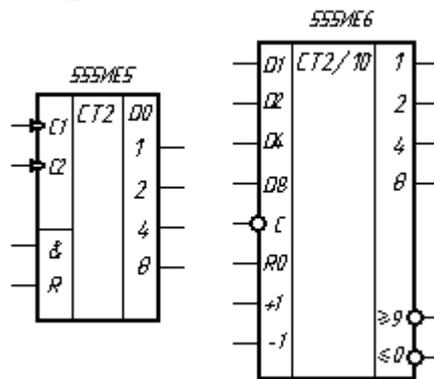
Вход Т	Выход Q1	Выход Q1	Выход Q1
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0





Как видно счётчик построен на JK-триггерах, которые переключаются только при наличии тактового импульса и в соответствии с логическими уровнями на входах J и K. На схеме имеются дополнительные логические элементы «И», которые готовят состояния входов J и K к моменту поступления следующего тактового импульса. Так происходит повышение помехоустойчивости счётчика.

На схемах счётчик изображается следующим образом:



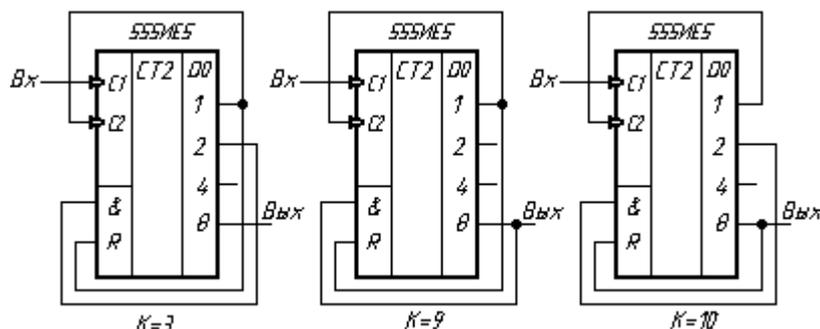
На рисунке приведены УГО двух счётчиков 555IE5 – двоичный четырёхразрядный счётчик и 555IE6 двоично-десятичный счётчик с предустановкой. Значение надписей и значков:

- СТ2 – счётчик двоичный;
- СТ2/10 – счётчик двоично-десятичный;
- С – счётный вход (Clock)
- С1 и С2 – первый и второй счётные входы,
- R, R0 – вход сброса на «0»
- & – логический элемент «И»
- DO - (Data Output) выходные данные
- D1, D2, D4, D8 - входы предустановки;
- +1, -1 – переключение суммирование/вычитание
- 9 – выход переполнение
- 0 – выход переполнение в сторону нуля.

Счётчик 555IE5 состоит из трёхразрядного счётчика входом которого является вход С2 и отдельного триггера со входом С1. Такое построение обеспечивает некоторую универсальность счётчику. Обычно выход отдельно стоящего триггера «1» соединяется со входом С2 и получается четырёхразрядный счётчик с коэффициентом деления на 16. Тогда, если снимать сигнал с выхода «1», счётчик делит на 2, если с выхода «2» - на 4, с выхода «4» на 8 и с выхода «8» на 16. Для того чтобы счётчик мог делить на другие коэффициенты деления имеются два пути:

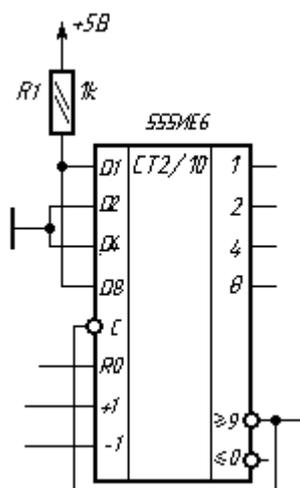
- организовать искусственный сброс счётчика на «0» при достижении определённого числа посчитанных импульсов;
- предварительно записать определённое число в счётчик для достижения после подсчёта определённого числа импульсов произошёл обычный сброс по переполнению.

Для использования первого способа в МС 555IE5 есть вход R связанный с двухвходовым логическим элементом «И». В этом случае количество значений коэффициента деления увеличивается: 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 16. Примеры использования этой микросхемы для различных коэффициентов деления приведены ниже.



Способ предустановки заключается в предварительной записи в счётчик числа дополнительного к коэффициенту деления до 16 (четырёхразрядный счётчик). Например, коэффициент деления нужен 7, тогда записать число нужно равное  $16-7=9$ . В этом случае есть одна особенность. Для непрерывного счёта после сброса в паузе между соседними счётными импульсами необходимо успеть записать дополнительное число.

Пример приведён ниже.



Счётные импульсы подаются на вход «+1» для суммирования или на вход «-1» для вычитания. Входы D1, D2, D4, D8 подаётся число 9. При достижении переполнения счётчика сигналом «9» по входу C происходит разрешение записи числа в счётчик. Таким образом, счётчик имеет коэффициент деления равный «7».

### 3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.

8) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Что называется счётчиком?
2. Каково назначение счётчиков?
3. Какие виды счётчиков вы знаете?
4. Как повысить помехоустойчивость счётчика?
5. Как изменить коэффициент деления счётчика?
6. Нарисуйте схему счётчика 555IE5 с коэффициентом деления на 12?
7. Каковы особенности синхронных счётчиков?

### ПЛАН УРОКА №9.

Группа:

Число:

**Тема урока:** "Общие сведения о регистрах. Назначение и типы регистров.

Классификация регистров. Принцип построения и работы последовательных, параллельных, последовательно-параллельных и параллельно-последовательных регистров при вводе и выводе информации. Особенности

парафазного параллельного регистра. Кольцевые регистры, их назначение, особенности построения и динамика работы. Регистры с высоким импедансом, применение их в вычислительных комплексах. Реверсивный регистр, назначение, принцип построения и особенности применения. Сдвигающие регистры с цепями приема двоичной информации в последовательном коде и выдачи — в параллельном коде и наоборот. Сдвигающие регистры как преобразователи кодов. Буферные регистры. Варианты графического изображения функциональных схем регистров (вертикальное и горизонтальное). Условное графическое обозначение регистров. Реализация схем регистров на триггерах различных типов".

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о регистрах, их функциях принципах построения, их применение в составлении цифровых схем.

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;

- преподавания: стимулирующий;

- учения: частично - поисковый;

- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

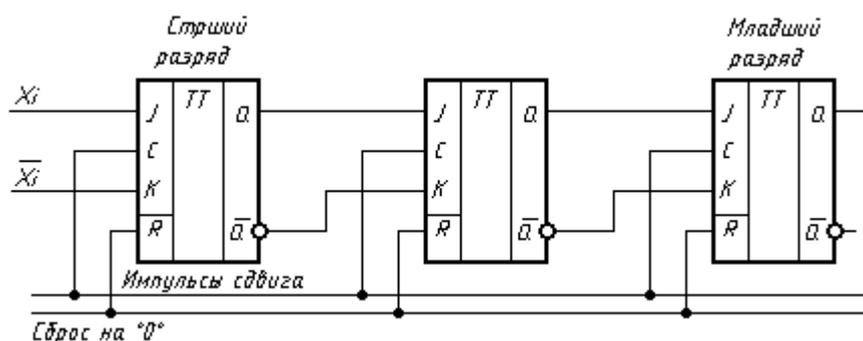
1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

2) Что называется счётчиком?



Стриггера и он устанавливается в необходимое положение. При подаче на вход RD+(Read) или RD- разрешающего импульса информация появляется на выходе. Причём если был сигнал на RD- то информация появляется на выходе в инверсном виде. Если импульсы на WR и RD не подаются информация сохраняется в триггере. При подаче импульса на вход R информация в триггере стирается. Регистры состоят из нескольких таких блоков, как правило, 4, 8, 16, 32, 64 и т. д. Регистр с последовательной записью строится по аналогичной схеме, с той лишь разницей, что триггеры соединяются последовательно, чтобы можно было переписывать информацию из одного разряда в другой. Пример такой схемы представлен ниже.



Здесь регистры соединены между собой последовательно выход Qс входом S, а выход Qс входом R. Так как все тактовые входы С объединены и на них подаётся последовательность импульсов, в которой число импульсов равно количеству разрядов регистра.

2. Промышленность выпускает более универсальные последовательно-параллельные регистры. Их достоинство состоит в том, что их режим работы можно переключать. Например, с линии связи принято двоичное число (слово) в последовательном коде, а читать уже в параллельном коде, или наоборот записывать в параллельном коде, а читать в последовательном коде. Так устроены все последовательные порты ввода/вывода ЭВМ. Если выход последовательного регистра соединить с его же входом, то получится кольцевой регистр, необходимая часть различных распределителей импульсов. Промышленность также выпускает последовательные регистры в которых можно менять направление записи (сдвигать информацию вправо/влево) – это будут сдвиговые регистры. На схемах обозначаются буквами RG. В микросхемах функция регистров кодируется буквами IP, например, K555IP23.

### 3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.

9) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Что называется регистром?
2. Каково назначение регистров?
3. Какие виды регистров вы знаете?
4. Где применяются последовательно-параллельные регистры?
5. Как выполняется кольцевой регистр и его назначение?
6. Какую функцию выполняет микросхема К1531ИР24?

## ПЛАН УРОКА №11.

Группа:

Число:

**Тема урока:** "Назначение шифраторов и дешифраторов как элементов преобразования числовой информации. Принцип построения и работы шифраторов и дешифраторов. Таблица истинности процесса функционирования шифратора и дешифратора. Матричные, линейные и прямоугольные дешифраторы. Емкость шифраторов и дешифраторов. Форматы входного кода: двоичный и двоично-десятичный. Многоступенчатые дешифраторы. Условное графическое обозначение шифраторов и дешифраторов. Анализ схем шифраторов и дешифраторов в базисах ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ".

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о шифраторах и дешифраторах, их функциях принципах построения, их применение в составлении цифровых схем.

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;

- преподавания: стимулирующий;

- учения: частично - поисковый;

- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

2) Что называется регистром?

3) Каково назначение регистров?

4) Какие виды регистров вы знаете?

5) Где применяются последовательно-параллельные регистры?

6) Как выполняется кольцевой регистр и его назначение?

7) Какую функцию выполняет микросхема К1531ИР22?

8) *приемы преподавания:* активизация ЗУН студентов;

9) *приемы учения:* участие в диалогической беседе.

### **2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 мин.**

1) Содержание нового материала:

**Тема** Назначение шифраторов и дешифраторов как элементов преобразования числовой информации. Принцип построения и работы шифраторов и

дешифраторов. Таблица истинности процесса функционирования шифратора и дешифратора. Матричные, линейные и прямоугольные дешифраторы. Емкость шифраторов и дешифраторов. Форматы входного кода: двоичный и двоично-десятичный. Многоступенчатые дешифраторы. Условное графическое обозначение шифраторов и дешифраторов. Анализ схем шифраторов и дешифраторов в базисах ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ.

1. Как мы уже знаем, что большинство цифровых устройств использует двоичный код, а входные устройства особенно дискретные типа включил/выключил работают в так называемом униполярным позиционным коде. Униполярным позиционным кодом называется код, в котором значения кода различаются позицией и не зависят от уровня напряжения в позиции. Это означает, что имеется несколько линий, и в каждый момент времени только на одной из них появляется напряжение. Примером может служить галетный переключатель. Если его переключать из положения в положение, то соединение входной линии будет только с одной из нескольких выходных линий. Поэтому необходимо устройство, которое будет этот униполярный позиционный код преобразовывать в двоичный код. В принципе код может быть и другим: троичный, восьмеричный и т. д., но чаще используется двоичный код. Такие устройства называют шифраторами, - CD (Coder)? а устройства, выполняющие обратную функцию – дешифраторами DC (Decoder).

Задача: разработать шифратор для шести входных линий. Выходной код двоичный. Примем что номер входной линии будет соответствовать значению двоичного кода. Это необязательно, но в жизни делается именно так. Составим таблицу истинности. Для составления таблицы необходимо определить количество двоичных разрядов необходимых для кодирования шести входных линий. Расчёт будем производить по известной формуле  $m=2^n$ , где  $m$  – число наборов,  $n$  – число разрядов двоичного числа. Тогда при  $n=1$   $m=2$  – мало, при  $n=2$   $m=4$  – мало, при  $n=3$   $m=8$  – больше, при  $n=4$   $m=16$  – излишне много. Выбираем число разрядов двоичного кода (число выходных линий) равным трём. Нумерацию входных линий -начнём с нулевой линии. Тогда таблица истинности и логические выражения.

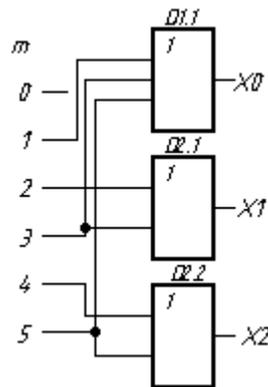
$m$	$X_2$	$X_1$	$X_0$
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

$$X_0 = m_1 + m_3 + m_5$$

$$X_1 = m_2 + m_3$$

$$X_2 = m_4 + m_5$$

Логические выражения просты и минимизация их не требуется.  
Начертим схему электронного аналога шифратора.



Дешифратор выполняет обратную функцию, то есть он преобразует двоичный код в позиционный униполярный

Разработаем дешифратор имеющий на входе линии двух двоичных разрядов. Разработаем таблицу истинности, логические выражения и электронный эквивалент. В качестве таблицы истинности нашего дешифратора мы можем использовать часть таблицы истинности поменяв входы и выходы местами.

$X_1$	$X_0$	$Y$
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

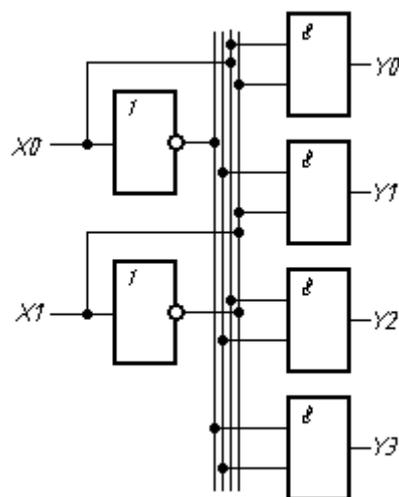
$$Y_0 = \overline{X_0} \cdot \overline{X_1}$$

$$Y_1 = \overline{X_0} \cdot X_1$$

$$Y_2 = X_0 \cdot \overline{X_1}$$

$$Y_3 = X_0 \cdot X_1$$

Логические выражения просты и минимизация их не требуется.  
Начертим схему электронного аналога шифратора.



На принципиальных схемах микросхемы шифраторов обозначаются символами СД, а функциональное назначение микросхем буквами ИВ. На принципиальных схемах микросхемы дешифраторов обозначаются символами ДС, а функциональное назначение микросхем буквами ИД.

### 3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.

10) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Что называется шифратором?
2. Что называется дешифратором?
3. Какова область применения шифраторов и дешифраторов?
4. Как маркируются на микросхемах шифраторы и дешифраторы?
5. Какую функцию выполняет микросхема К155ИВ1?
6. Какую функцию выполняет микросхема К1531ИД17?

### ПЛАН УРОКА №13.

Группа:

Число:

**Тема урока:** "Назначение мультиплексоров и демультиплексоров как элементов устройств передачи и приема информации. Мультиплексоры как цифровые многопозиционные переключатели-коммутаторы.

Демультиплексоры как селекторы-распределители входного сигнала, расширители каналов. Принцип построения и функционирования мультиплексоров и демультиплексоров. Особенности использования

мультиплексов для передачи информации из многих каналов в один в последовательном коде и преобразования параллельного кода в последовательный. Мультиплексорное и демультиплексорное дерево. Таблица истинности процесса функционирования мультиплексов и демультиплексов. Применение мультиплексов и демультиплексов как коммутаторов каналов. Понятие о селекторах-мультиплексах. Условное графическое обозначение мультиплексов и демультиплексов".

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о мультиплексах и демультиплексах, их функциях принципах построения, их применение в составлении цифровых схем.

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;

- преподавания: стимулирующий;

- учения: частично - поисковый;

- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

2) Что называется регистром?

3) Каково назначение регистров?

4) Какие виды регистров вы знаете?

5) Где применяются последовательно-параллельные регистры?

6) Как выполняется кольцевой регистр и его назначение?

7) Какую функцию выполняет микросхема K1531ИР22?

8) *приемы преподавания:* активизация ЗУН студентов;

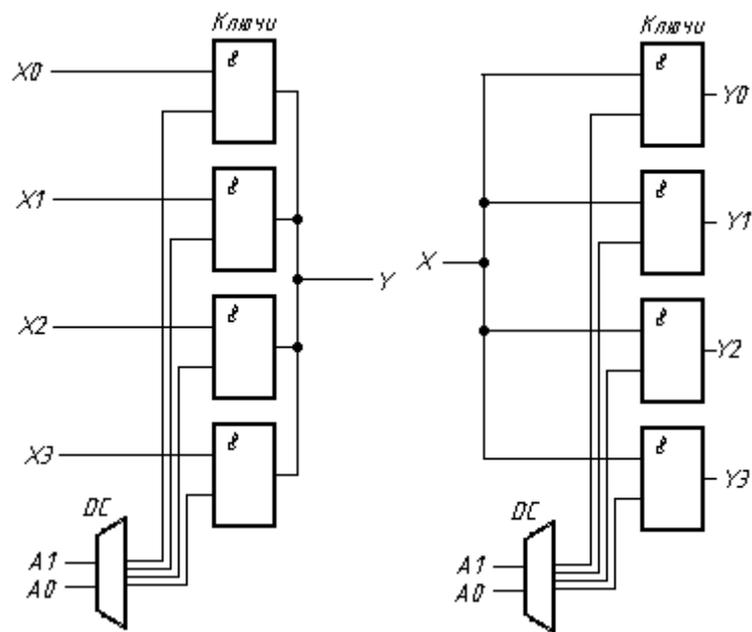
9) *приемы учения:* участие в диалогической беседе.

## **2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 мин.**

1) Содержание нового материала:

**Тема** Назначение мультиплексоров и демultipлексоров как элементов устройств передачи и приема информации. Мультиплексоры как цифровые многопозиционные переключатели-коммутаторы. Демultipлексоры как селекторы-распределители входного сигнала, расширители каналов. Принцип построения и функционирования мультиплексоров и демultipлексоров. Особенности использования мультиплексоров для передачи информации из многих каналов в один в последовательном коде и преобразования параллельного кода в последовательный. Мультиплексорное и демultipлексорное дерево. Таблица истинности процесса функционирования мультиплексоров и демultipлексоров. Применение мультиплексоров и демultipлексоров как коммутаторов каналов. Понятие о селекторах-мультиплексорах. Условное графическое обозначение мультиплексоров и демultipлексоров.

1. В цифровых устройствах часто приходится использовать мультиплексоры и демultipлексоры. Мультиплексором называется цифровое устройство, в котором согласно двоичному коду номера линии соединяется один из нескольких входов с единственным выходом. Демultipлексором называется цифровое устройство в котором согласно двоичному коду номера линии соединяется единственный вход с одним из нескольких выходов. Для построения мультиплексора используют ключи, которые управляются выходами дешифратора. На входы дешифратора подаётся двоичный код, выборы которого определяют номер линии, с которой должно производиться соединение. В качестве управляемых ключей используются логические элементы «И».



Как видно из рисунков схематично мультиплексор и демультиплексоры практически одинаковые. Поэтому промышленность демультиплексоры не выпускает. Вместо них используются дешифраторы, в которых имеется дополнительный вход «Разрешение». Для того чтобы использовать дешифратор вместо демультиплексора на вход «разрешение» подают данные, на входы дешифратора подают шину адреса и на выходе получают демультиплексированные сигналы.

На принципиальных схемах мультиплексоры обозначают, буквами MS, а на микросхемах – КП, пример, K555КП7.

### 3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.

11) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Что называется мультиплексором?
2. Что называется демультиплексором?
3. Какова область применения мультиплексоров и демультиплексоров?
4. Как маркируются на микросхемах мультиплексоров?
5. Какую функцию выполняет микросхема K155КП1?
6. Какую функцию выполняет микросхема K131ИД4?

Группа:

Число:

**Тема урока:** Назначение и классификация комбинационных сумматоров. Построение методом синтеза и условия функционирования одноразрядного комбинационного полусумматора. Таблица истинности процесса функционирования комбинационного сумматора. Построение и работа полного одноразрядного комбинационного сумматора. Многоразрядные сумматоры последовательного и параллельного действия с запоминанием переноса, последовательным сквозным переносом, параллельным и групповым переносом. Способы повышения быстродействия параллельных сумматоров. Накапливающие двоичные сумматоры. Десятичные сумматоры. Каскадное соединение сумматоров. Условное графическое обозначение сумматоров. Анализ функциональных схем сумматоров.

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о сумматорах, их функциях принципах построения, их применение в составлении цифровых схем.
- воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.
- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;
- преподавания: стимулирующий;
- учения: частично - поисковый;
- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

2) Что называется мультиплексором?

3) Что называется демультимплексором?

4) Какова область применения мультиплексоров и демультимплексоров?

5) Как маркируются на микросхемах мультиплексоров?

6) Какую функцию выполняет микросхема К155КП1?

7) Может ли микросхема К131ИД4 выполнить функцию демультимплексора?

8) *приемы преподавания:* активизация ЗУН студентов;

9) *приемы учения:* участие в диалогической беседе.

## 2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 мин.

1) Содержание нового материала:

**Тема** Назначение и классификация комбинационных сумматоров.

Построение методом синтеза и условия функционирования одноразрядного комбинационного полусумматора. Таблица истинности процесса функционирования комбинационного сумматора. Построение и работа полного одноразрядного комбинационного сумматора. Многоразрядные сумматоры последовательного и параллельного действия с запоминанием переноса, последовательным сквозным переносом, параллельным и групповым переносом. Способы повышения быстродействия параллельных сумматоров. Накапливающие двоичные сумматоры. Десятичные сумматоры. Каскадное соединение сумматоров. Условное графическое обозначение сумматоров. Анализ функциональных схем сумматоров.

1. В цифровой технике и микропроцессорах используются сумматоры и полусумматоры. Сумматором называется цифровое устройство в котором производится сложение двух чисел в двоичном коде. согласно двоичному коду номера линии соединяется один из нескольких. Выполним сложение двух двоичных чисел.

$$\begin{array}{r} \text{PP} \\ \text{a} \quad 001 \\ \text{b} \quad 011 \\ \hline \text{S} \quad 100 \\ \text{210 разряды} \end{array}$$

Сложение начинаем с младшего разряда.  $1+1$  в двоичном коде даёт 0 и перенос в более старший разряд. В младшем разряде складываются только младшие разряды чисел  $a$  и  $b$ . В результате сложения получается  $S$  – сумма и  $P$  – перенос, так как произошло переполнение разрядной сетки младшего разряда (0-разряда). При сложении первых разрядов кроме сложения чисел  $a$  и  $b$  приходится учитывать и перенос из младшего разряда. Поэтому  $0+1+P$  получается  $S=0$  и  $P=1$ . Аналогично во втором разряде (старшем)  $0+0+P$

получается  $S=1$  и  $P=0$ . Таким образом сумматор младшего разряда должен суммировать только два числа  $a$  и  $b$ . Поэтому он называется полусумматор, а в остальных разрядах сумматор должен учитывать три числа  $a, b$  и  $P$  из младшего разряда. Такой сумматор называется полным сумматором.

Разработаем полусумматор.

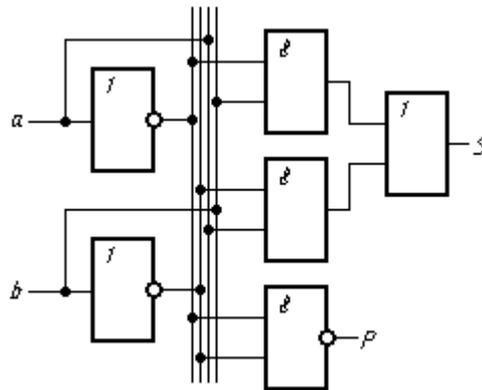
Таблица истинности и логические выражения

$a$	$b$	$S$	$P$
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

$$S = a \cdot \underline{b} + \underline{a} \cdot b$$

$$P = \underline{a} \cdot b$$

Нарисуем электронный аналог.



Теперь разработаем схему полного сумматора.

$P_{i-1}$	$a$	$b$	$S$	$P$
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

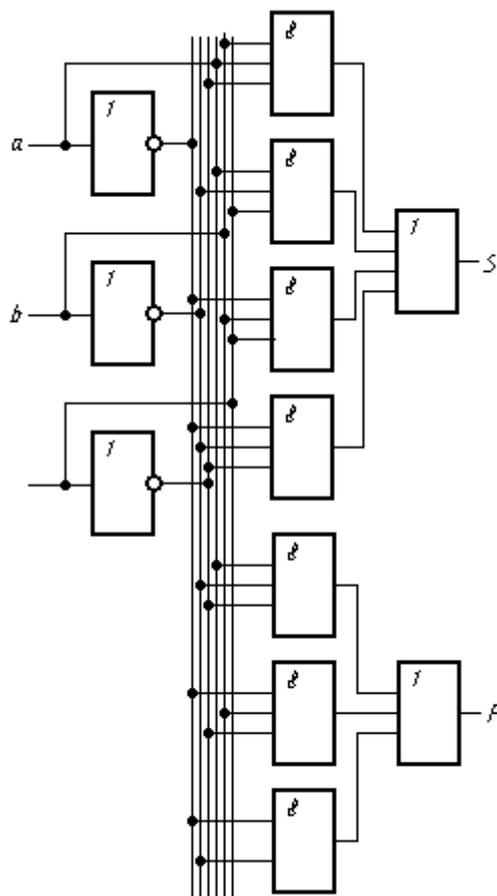
$$S = \underline{P_{i-1}} \cdot \underline{a} \cdot b + \underline{P_{i-1}} \cdot a \cdot \underline{b} + P_{i-1} \cdot \underline{a} \cdot \underline{b} + P_{i-1} \cdot a \cdot b$$

$$P = \underline{P_{i-1}} \cdot \underline{a} \cdot b + P_{i-1} \cdot \underline{a} \cdot b + P_{i-1} \cdot a \cdot \underline{b} + P_{i-1} \cdot a \cdot b =$$

$$= \underline{P_{i-1}} \cdot \underline{a} \cdot b + P_{i-1} \cdot \underline{a} \cdot b + P_{i-1} \cdot a$$

Второе выражение можно подвергнуть минимизации.

Нарисуем электронный аналог.



Данный сумматор достаточно медленный так как действия на разрядами производятся последовательно. В настоящее время имеются сумматоры с параллельным суммированием и образование переносов на всех разрядах одновременно.

На схемах сумматоры обозначаются: HS – полусумматоры и SM – полные сумматоры. На микросхемах ставится код «ИМ».

### 3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.

12) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Что называется сумматором?
2. Чем отличается полный сумматор от полусумматора?
3. Как маркируются микросхемы сумматоров?
4. Какую функцию выполняет микросхема К555ИМ7?

## ПЛАН УРОКА №15.

Группа:

Число:

**Тема урока:** Назначение и классификация цифровых компараторов — схем сравнения. Основные операции поразрядного сравнения двух сравниваемых двоичных чисел на основе алгебры логики. Принципы равенства и неравенства двоичных чисел. Принцип построения и процесс функционирования одноразрядного компаратора. Построение и работа многоразрядного компаратора. Таблица истинности функционирования компаратора. Способы наращивания разрядности компараторов. Каскадные схемы компараторов.

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о цифровых компараторах, их функциях принципах построения, их применение в составлении цифровых схем.

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;

- преподавания: стимулирующий;

- учения: частично - поисковый;

- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

- 2) Что называется мультиплексором?
  - 3) Что называется демультимплексором?
  - 4) Какова область применения мультиплексоров и демультимплексоров?
  - 5) Как маркируются на микросхемах мультиплексоров?
  - 6) Какую функцию выполняет микросхема К155КП1?
  - 7) Может ли микросхема К131ИД4 выполнить функцию демультимплексора?
  - 8) *приемы преподавания:* активизация ЗУН студентов;
  - 9) *приемы учения:* участие в диалогической беседе.
- 2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 мин.**
- 1) Содержание нового материала:

**Тема** Назначение и классификация цифровых компараторов — схем сравнения. Основные операции поразрядного сравнения двух сравниваемых двоичных чисел на основе алгебры логики. Принципы равенства и неравенства двоичных чисел. Принцип построения и процесс функционирования одnorазрядного компаратора. Построение и работа многоразрядного компаратора. Таблица истинности функционирования компаратора. Способы наращивания разрядности компараторов. Каскадные схемы компараторов..

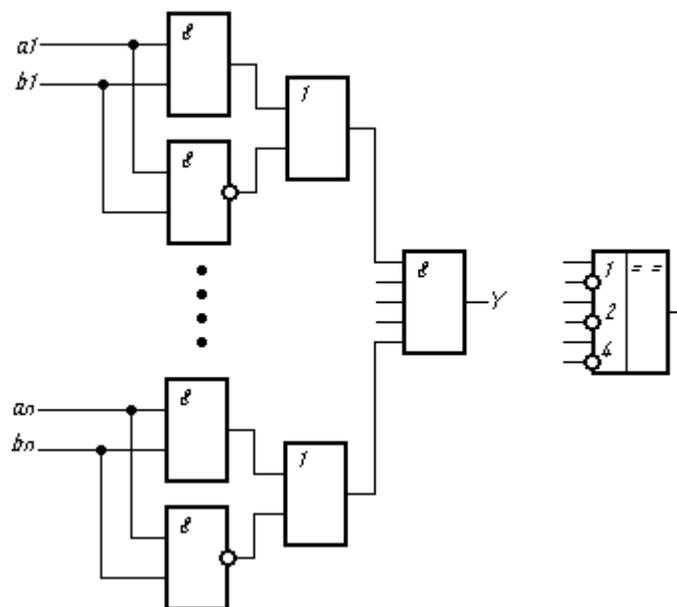
1. В цифровой технике и микропроцессорах широкое применение нашли компараторы - устройства сравнения. Компараторы бывают аналоговые, используются для сравнения для аналоговых сигналов и цифровые - для сравнения для цифровых сигналов. Цифровой компаратор сравнивает числа выраженные в двоичном коде. Составим таблицу истинности. Функция компаратора должна быть равна «1» при равных числах на входе, то есть это  $a=b$ , например,  $a=0$  и  $b=0$ , или  $a=1$  и  $b=1$ .

Таблица истинности и логические выражения

$a$	$b$	$Y$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$$Y = a \cdot b + \underline{a} \cdot \underline{b}$$

Нарисуем электронный аналог для разрядов.



На рисунке слева изображён разрядный компаратор, справа УГО 3-х разрядного компаратора. Промышленность выпускает компараторы, которые не только определяют равенство двух чисел, но и какое из них больше или меньше. В марках микросхем цифровые компараторы кодируются буквами – «СП», например К134СП1.

### 3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.

13) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Что называется компаратором?
2. Где применяются цифровые компараторы?
3. Как маркируются микросхемы компараторов?
4. Какую функцию выполняет микросхема К530СП1?

### ПЛАН УРОКА №16 и 17.

Группа:

Число:

**Тема урока:** Общая характеристика и назначение цифровых ЗУ. Классификация и параметры цифровых ЗУ по физическим принципам работы, по технологии изготовления, способу изображения чисел, способу запоминания информации, по кратности считывания. Методы размещения информации (адресная и безадресная). Иерархия (структура) запоминающих устройств

(ОЗУ, ПЗУ, ППЗУ). Основные характер. ЗУ: емкость, быстродействие, надежность и экономичность. Понятие о сверхоперативном ЗУ (СОЗУ).

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о запоминающих устройствах, их функциях принципах построения, их применение в составлении цифровых схем.

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;
- преподавания: стимулирующий;
- учения: частично - поисковый;
- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

- 2) Что называется компаратором?
- 3) Где применяются цифровые компараторы?
- 4) Как маркируются микросхемы компараторов?
- 5) Какую функцию выполняет микросхема К1531СП1?
- б) *приемы преподавания:* активизация ЗУН студентов;
- 7) *приемы учения:* участие в диалогической беседе.

### **2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 мин.**

1) Содержание нового материала:

**Тема** Общая характеристика и назначение цифровых ЗУ. Классификация и параметры цифровых ЗУ по физическим принципам работы, по технологии изготовления, способу изображения чисел, способу запоминания информации, по кратности считывания. Методы размещ. инф. (адресная и безадресная). Иерархия (структура) запоминающих устройств (ОЗУ, ПЗУ, ППЗУ). Основные характер. ЗУ: емкость, быстродействие, надежность и экономичность. Понятие о сверхоперативном ЗУ (СОЗУ).

Запоминающие устройства (ЗУ) предназначены для хранения информации, выраженной двоичными числами. Такая информация заносится (записывается) в ЗУ и в нужные моменты из него выбирается (считывается).

Запоминающее устройство — один из основных функциональных блоков электронных цифровых вычислительных машин. Используемые вначале исключительно в цифровых ЭВМ запоминающие устройства теперь широко применяются в автоматике, радиолокации, телевидении, устройствах связи, измерительной технике, бытовых электронных приборах.

Запоминающие устройства состоят из запоминающего массива и управляющей информации или схем управления.

Характеристики запоминающих устройств – ЗУ.

*Информационная ёмкость* – количество информации которое можно хранить в данном ЗУ. Объём информации измеряется в битах, байтах, килобайтах, мегабайтах, гигабайтах, терабайтах, и т.д.

*Быстродействие* – время полного цикла записи и считывания.

По характеру запоминаемой информации запоминающие устройства делятся на: постоянные – ПЗУ, ППЗУ и оперативные - ОЗУ. Кроме того стоит заметить, что постоянные ПЗУ как правило сохраняют информацию и после отключения источника питания, а оперативные её теряют.

К постоянным ЗУ относят магнитную ленту, магнитные диски, барабаны, лазерные диски, накопители на жёстком диске – HDD, микросхемы ПЗУ (постоянные запоминающие устройства) и ППЗУ (перепрограммируемые постоянные запоминающие устройства).

В настоящее время наибольшее распространение получают ПЗУ и ППЗУ.

В качестве оперативного ЗУ используют микросхемы, в основе которых лежат триггеры или конденсаторные накопители. Эти ЗУ являются быстродействующими, но их недостаток в стирании информации при пропадании питания. Самыми быстродействующими ЗУ являются ЗУ на триггерах. Их используют в СОЗУ - сверхоперативных запоминающих устройствах.

Существуют несколько способов объединения запоминающих элементов: однокоординатные и двухкоординатные.

В однокоординатных ЗУ месторасположение запоминающего элемента – ячейки, где запоминается целое машинное слово, определяется одной адресной шиной. Шина – набор проводников, по которым передаётся информация одного назначения. Эта организация хранения информации занимает большое время для нахождения нужной ячейки, так как при большом количестве ячеек выстраивается очень длинная «очередь»..

В двухкоординатных ЗУ месторасположение запоминающего элемента – ячейки, определяется разделённой адресной шиной по двум координатам. Этим уменьшается значительно время нахождения (выборки) ячейки.

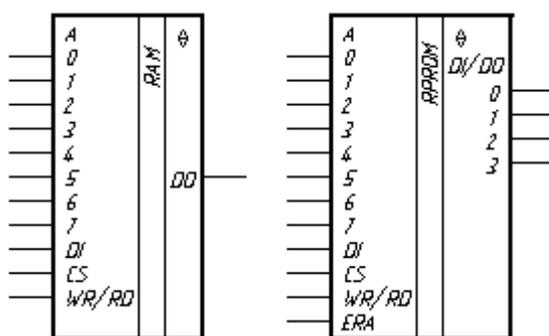
Для ещё более быстрого нахождения ячейки применяют деление ЗУ на блоки – страницы. Не смотря на кажущееся увеличение времени обращения к ячейке, программа пишется так, что процессор ЭВМ большую часть времени работает с одной страницей, затем с другой.

В качестве запоминающего элемента в настоящее время используются электронные триггеры и ёмкостные запоминающие элементы.

Триггеры наиболее быстродействующие, но потребляют значительную энергию (так как один из транзисторов всегда открыт).

Ёмкостной элемент менее быстродействующий, но энергию потребляет только при перезаписи. Хотя у него есть ещё один недостаток, конденсатор в котором запоминается информация имеет саморазряд и его надо регулярно подзаряжать (приблизительно 1 раз за 125 мкс).

На рисунке ниже приведены две микросхемы: слева ОЗУ, справа – ППЗУ.



Обе микросхемы имеют входы адресной шины А адресующие 256 ячеек памяти. Следующие выводы: CS– выбор микросхемы, DI– входные данные, DO – выходные данные, DI/DO – объединённые входы данных вх/вых, WR/RD – объединённый вход запись/чтение, ERA – вход импульса стирания и подтверждения программирования.

ОЗУ имеет объём памяти 256 бит и организацию 256x1 бит, поэтому она имеет один вход DI и один входDO.

Микросхема ППЗУ имеет объём памяти  $1\text{кбит}=1024$  бит и организацию  $256\times 4$  бит, для уменьшения числа выводов она имеет 4 совмещённых вывода DI/DO.

Функциональное назначение микросхем ЗУ маркируется так:

РУ – ОЗУ (RAM);

РЕ – масочное ЗУ программируется при изготовлении (ROM);

РТ – однократно программируемое ЗУ (PROM);

РР – многократно программируемое ЗУ, как правило, с электрическим стиранием (RПROM);

РФ – многократно программируемое ЗУ, с ультрафиолетовым стиранием (RПROM)/

Микросхемы ЗУ выпускаются на определённый объём памяти, например, микросхема К565РУ6 имеет объём памяти  $16\text{К}(16\text{К}\times 1)$ . Это означает, что объём памяти 16 килобит и её организация 16384 ячеек, в каждой из которых записывается 1 бит (1 разряд). Для увеличения объёма памяти или разрядности запоминаемого машинного слова микросхемы можно объединять в блоки. Например, для увеличения до 8 разрядности ЗУ построенного на К565РУ6 нужно применить 8 микросхем. При этом адресная шина, вход выбора микросхемы и управляющие входы W/R объединяются. А вход и выход данных образуют восьмиразрядные шины входных и выходных данных. Получился массив ОЗУ объёмом 16 килобайт. Если необходимо увеличить объём памяти, то, например, из 8 шт. дополнительных К565РУ6, организуют такой же блок, и на образованные входы CS1 и CS2 подают старший разряд адреса, причём на CS1 напрямую, а на CS2 через инвертор. Таким образом, организуется массив ОЗУ объёмом 32 килобайт.

ОЗУ – оперативное ЗУ используется для временного (до выключения питания) хранения данных, например, промежуточных результатов вычислений, баз данных для быстрой работы с ними и т.д. Для работы процессора ЭВМ с менее скоростными устройствами и узлами организуются КЭШ - сверхоперативная память небольшого объёма. Эта память медленно заполняется с внешнего устройства, а процессор с не работает не теряя своей скорости.

ПЗУ – постоянное запоминающее устройство предназначено для долговременного хранения информации даже при выключенном источнике питания. В настоящее время ПЗУ организуют на специализированных микросхемах. Часть из этих микросхем программируется на заводе при изготовлении (матричные ЗУ), часть программируется самостоятельно, но

всего один раз (ПЗУ), часть перепрограммируется многократно (не больше определённого количества раз) – ППЗУ. Перед программированием ППЗУ стирается. Бывают микросхемы с ультрафиолетовым стиранием (под ультрафиолетовой лампой) и электрическим стиранием (электрическим импульсом). Последние микросхемы более удобны в эксплуатации.

### **3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.**

14) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Что называется ЗУ?
2. Где применяются ЗУ?
3. Как классифицируются ЗУ?
4. Чем отличаются ОЗУ и ПЗУ?
5. Какие известны способы организации доступа к ячейкам памяти?
6. Какую функцию выполняет микросхема K565PY5?
7. Какую функцию выполняет микросхема K556PT4?
8. Какую функцию выполняет микросхема K155PE23?
9. Какую функцию выполняет микросхема K537PФ5?
10. Какую функцию выполняет микросхема K558PP3?

### **ПЛАН УРОКА №18.**

Группа:

Число:

**Тема урока:** Назначение и основные параметры цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП). Методы преобразования кода в аналоговый сигнал. Основные схемные решения построения цифро-аналоговых преобразователей: ЦАП с прецизионными резисторными матрицами и безматричные. Построение и принцип работы схемы ЦАП с прецизионными резисторными матрицами (ЦАП с весовыми двоично-взвешенными сопротивлениями) и на основе матрицы R-2R с суммированием токов. Схемотехнические принципы цифро-аналоговых преобразователей и их построение на электронных ключах. Условное графическое обозначение цифро-аналоговых преобразователей.

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о аналого-цифровых устройствах, их функциях принципах построения, их применение в составлении цифровых схем.

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;
- преподавания: стимулирующий;
- учения: частично - поисковый;
- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

- 2) Что называется ЗУ?
- 3) Где применяются ЗУ?
- 4) Как классифицируются ЗУ?
- 5) Чем отличаются ОЗУ и ПЗУ?
- 6) Какие известны способы организации доступа к ячейкам памяти?
- 7) Какую функцию выполняет микросхема К565РУ5?
- 8) Какую функцию выполняет микросхема К556РТ4?
- 9) Какую функцию выполняет микросхема К155РЕ23?
- 10) Какую функцию выполняет микросхема К537РФ5?
- 11) Какую функцию выполняет микросхема К558РР3?
- 12) *приемы преподавания:* активизация ЗУН студентов;
- 13) *приемы учения:* участие в диалогической беседе.

### **2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 мин.**

1) Содержание нового материала:

**Тема** Назначение и основные параметры цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП). Методы преобразования кода в аналоговый сигнал.

Основные схемные решения построения цифро-аналоговых преобразователей: ЦАП с прецизионными резисторными матрицами и безматричные. Построение и принцип работы схемы ЦАП с прецизионными резисторными матрицами (ЦАП с весовыми двоично-взвешенными сопротивлениями) и на основе матрицы R-2R с суммированием токов. Схемотехнические принципы цифро-аналоговых преобразователей и их построение на электронных ключах. Условное графическое обозначение цифро-аналоговых преобразователей

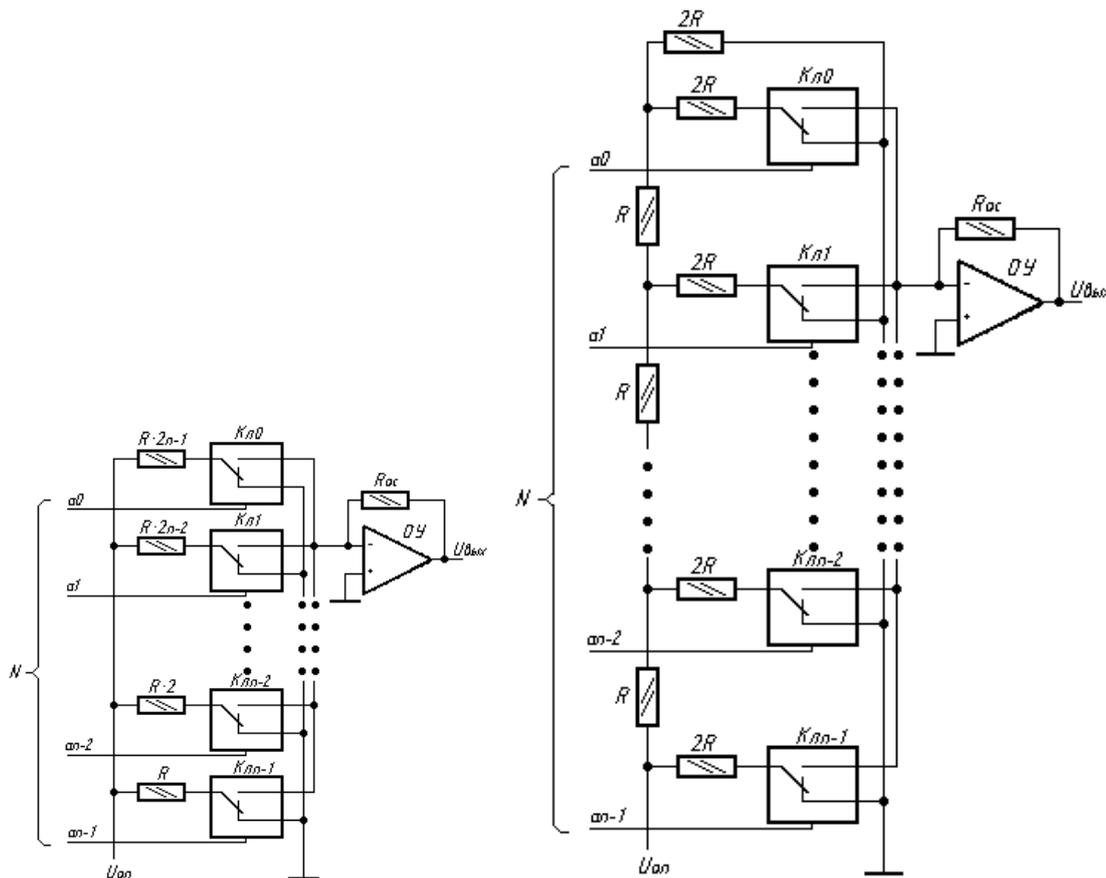
В настоящее время большое распространение получили контроллеры – управляющие устройства на основе ЭВМ. Часто эти контроллеры должны управлять аналоговым устройством, например, скоростью вращения электродвигателя, накалом ламп, суппортом токарного станка и т.д.

То есть необходимы устройства, которые преобразуют двоичный код используемый в ЭВМ в аналоговый электрический сигнал. Такие устройства называются ЦАП - цифро-аналоговый преобразователь.

Идея ЦАПа основывается на свойстве схем построенных на операционном усилителе – ОУ, в которых коэффициент усиления не зависит от коэффициента усиления самого усилителя, а зависит только от величин сопротивлений резисторов, стоящих в цепи обратной связи ОУ. Резисторы, обеспечивающие отрицательную обратную связь – ООС усилителя включены по схеме делителя напряжения, поэтому меняя величину сопротивления лишь одного резистора можно менять величины ООС и соответственно коэффициент усиления усилителя.

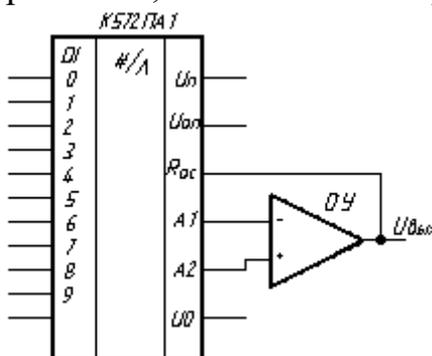
Тогда, если подать на вход эталонное (опорное) напряжение  $U_{on}$ , то величина будет зависеть только от номинала изменяемого резистора. А изменять величину сопротивления этого резистора можно включая параллельно резисторы с номиналами отличающимися друг от друга на весовое соотношение разрядов двоичной системы счисления, то есть на  $K=2^n$ . Как видно на схеме (левая схема) каждый резистор в два раза меньше предыдущего начиная с самого нижнего. Схема ЦАП состоит из ОУ включённого по схеме инвертирующего усилителя, резистора обратной связи  $R_{oc}$ , резисторов изменяющих  $K_{yc}$  ( $R, R \cdot 2, \dots R \cdot 2^{n-2}, R \cdot 2^{n-1}$ ), и ключей с электронным управлением. Подавая на входы  $a_0 \dots a_{n-1}$  двоичный код управляем ключами. При поступлении по цепи управления ключей логической «1», ключ включается и переключает соответствующий резистор ( $R, R \cdot 2, \dots R \cdot 2^{n-2}, R \cdot 2^{n-1}$ ) к цепи обратной связи ОУ. В результате чего будет меняться коэффициент усиления усилителя и выходное напряжение  $U_{вых}$ . У данной

схемы есть один недостаток, а именно очень сложно выполнить точные резисторы с большим сопротивлением (выше 1 МОм) в пределах микросхемы. А точность преобразования данного ЦАПа зависит от стабильности  $U_{on}$  и точности перечисленных резисторов.



В этом отношении значительно лучше вторая (правая) схема, так как в её матрице всего два номинала резисторов  $R$  и  $2R$ . Если их взять в пределах 100кОм, то можно обеспечить их высокую точность и стабильность. Принцип работы этого ЦАПа такой же, как и у предыдущего.

На схеме ЦАП изображается, как показано на рисунке ниже.



На схеме изображён 10 разрядный ЦАП на микросхеме K572PA1. Внешними элементами является только ОУ. Функциональное назначение микросхемы кодируется буквами ПА.

### 3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.

15) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Что называется ЦАПом?
2. Где применяются ЦАПы?
3. Как маркируются ЦАПы?
4. Чем отличаются ЦАП с весовыми сопротивлениями и ЦАП с матрицей R-2R?
5. Расшифруйте микросхему K1108ПА1?

### ПЛАН УРОКА №19.

Группа:

Число:

**Тема урока:** Назначение и основные параметры аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Принцип аналого-цифрового преобразования информации. Понятие о дискретизации, квантовании и кодировании непрерывных сигналов. Методы преобразования аналогового сигнала в код. Принцип построения аналого-цифровых преобразователей сигналов по методам ступенчатого и последовательного приближения опорного напряжения и с параллельным преобразованием. Преобразователь угла поворота в двоичный код. Последовательные АЦП с единичным и с двоично-взвешенным приближением. Условное графическое обозначение аналого-цифровых преобразователей.

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о аналого-цифровых устройствах, их функциях принципах построения, их применение в составлении цифровых схем.

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;
- преподавания: стимулирующий;
- учения: частично - поисковый;

- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

2) Что называется ЦАПом?

3) Где применяются ЦАПы?

4) Как маркируются ЦАПы?

5) Чем отличаются ЦАП с весовыми сопротивлениями и ЦАП с матрицей R-2R?

6) Расшифруйте микросхему K1108ПА1?

7) *приемы преподавания:* активизация ЗУН студентов;

8) *приемы учения:* участие в диалогической беседе.

### **2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 мин.**

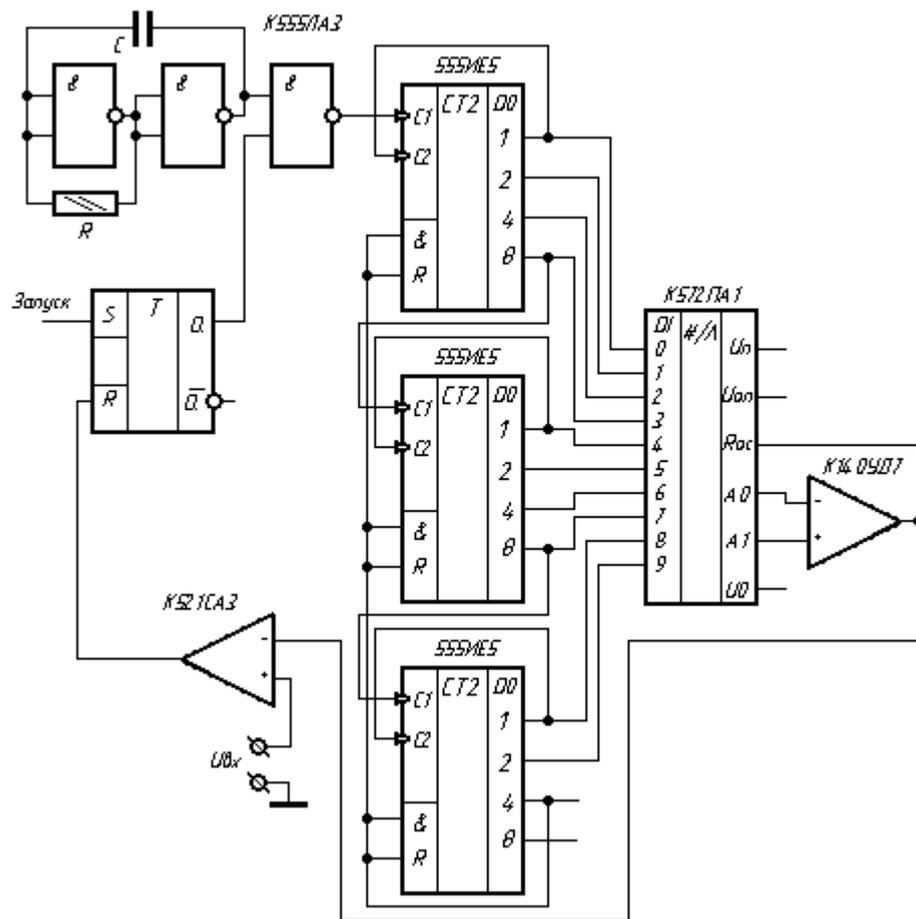
1) Содержание нового материала:

**Тема** Назначение и основные параметры аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Принцип аналого-цифрового преобразования информации. Понятие о дискретизации, квантовании и кодировании непрерывных сигналов. Методы преобразования аналогового сигнала в код. Принцип построения аналого-цифровых преобразователей сигналов по методам ступенчатого и последовательного приближения опорного напряжения и с параллельным преобразованием. Преобразователь угла поворота в двоичный код. Последовательные АЦП с единичным и с двоично-взвешенным приближением. Условное графическое обозначение аналого-цифровых преобразователей

В настоящее время большое распространение получили контроллеры – управляющие устройства на основе ЭВМ. Источниками сигнала для этих устройств являются датчики – преобразователи, какой либо неэлектрической величины в электрическую. Часто неэлектрические величины изменяются по аналоговому закону и тогда такой преобразователь требует специального

устройства преобразования аналоговой величины в дискретную, а чаще сразу в двоичный код. Такие преобразователи называются аналого-цифровыми преобразователями – АЦП.

Наиболее просто построить АЦП на основе ЦАП. Идея заключается в том, что если с помощью вспомогательного генератора создать последовательность импульсов, которую подать на счётчик, а выходы счётчика подключить к ЦАП, то на выходе ЦАП мы получим ступенчатую кривую. Теперь остаётся сравнить её с помощью аналогового компаратора с входным напряжением. В момент совпадения напряжений компаратор отключает от счётчика генератор и тогда на счётчике будет двоичный код соответствующий входному напряжению. Схема такого АЦП приведена на рисунке ниже.



Работа схемы.

На линию запуск подаётся сигнал, включающий RS-триггер в состояние «1». С выхода триггера Q логическая «1» открывает ключ и меандр с генератора поступает на счётчик собранный на трёх мс K555IE5. Так как каждая микросхема является сама четырёхразрядным счётчиком то весь счётчик будет считать до 4096 импульсов. ЦАП у нас построенный на

мсК572ПА1 10 разрядный, то есть может принять только  $2^{10}=1024$  импульсов, что меньше максимального фиксируемого счётчиком числа (4096), поэтому имеется цепь сброса счётчика в «0» после прохождения 1024 импульсов.

ЦАП вырабатывает ступенчатое напряжение, которое вместе с входным напряжением подаётся на компаратор (на мс К521СА3). При наступлении момента равенства напряжений компаратор выдаёт импульс, который сбрасывает RS-триггер в «0». Ключ закрывается, счётчик останавливается и на выходах счётчика зафиксировано двоичное число эквивалентное амплитуде входного напряжения. Этот АЦП обладает значительным недостатком - он медленный. При каждом измерении необходимо поднимать напряжения ЦАПа от нуля. Более быстрый АЦП с двоично-взвешенным приближением. Смысл такой, что на компаратор подаётся сразу половина максимального напряжения. Если оно больше то напряжение на входе компаратора уменьшается вдвое. Если снова больше, то ещё уменьшается вдвое. Если напряжение стало меньше входного, то напряжение на выходе ЦАПа увеличивается на половину разницы. Таким образом, оно быстрее, чем в предыдущей схеме, достигнет равенства с входным.

Для высокочастотных и напряжений с высокой скоростью нарастания разработаны параллельные компараторы. В них сравнение производится с большим количеством компараторов, каждый из которых имеет свой фиксированный порог срабатывания. Затем полученные с компараторов сигналы подаются на шифратор и получается двоичный код.

В настоящее время широкое применение нашёл АЦП с двойным интегрированием. Этот АЦП выпускается в виде одной микросхемы, например, К572ПВ2 и К572ПВ5. Эти микросхемы используются в качестве измерительного блока в практически во всех мультиметрах среднего класса точности (класса 0,5 и хуже).

### **3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.**

16) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Что называется АЦП?
2. Где применяются АЦП?
3. Как классифицируются АЦП?
4. Какие схемы АЦП используются в мультиметрах?
5. Какую функцию выполняет микросхема К572ПВ5?
6. Какую функцию выполняет микросхема К427ПА1?

## ПЛАН УРОКА №20 и 21.

Группа:

Число:

**Тема урока:** Основные определения и понятия о микропроцессорах как примерах цифрового автомата. Назначение, классификация и типовая структура микропроцессора. Два подхода к построению процессоров: принципы схемной логики и программируемой логики. Способы организации управления вычислительным процессом. Классификация микропроцессорных средств. Поколения микропроцессоров. Области применения микропроцессоров и микроЭВМ. Роль микропроцессорной техники при создании систем обработки данных. Перспективы развития и использования микропроцессорных средств.

Цели:

- обучающая: сформировать понятия: о микропроцессорных устройствах, микроконтроллерах, их функциях принципах построения, их применение в составлении цифровых схем.

-воспитывающая: сформировать чувства ответственности, целеустремленности, усидчивости, нравственности, личностного отношения студента к общественной работе.

- развивающая: развить умения выделять следственные связи, анализировать и систематизировать полученную информацию.

Тип урока: урок - комбинированный.

Методы:

- обучения: исследовательский;
- преподавания: стимулирующий;
- учения: частично - поисковый;
- воспитания: гуманизация учебного процесса.

Материально - техническое и дидактическое оснащение урока: плакаты.

Ход урока.

### **1. Активизация опорных знаний и навыков. 30 мин.**

*Организационная часть:* приветствие, уточнение присутствующих, постановка целей урока. 10 мин.

1) обобщение опорных знаний, умений, навыков, полученных студентами в течение семестра. 20 мин;

Вопросы и понятия:

2) Что называется АЦП?

3) Где применяются АЦП?

4) Как классифицируются АЦП?

5) Какие схемы АЦП используются в мультиметрах?

6) Какую функцию выполняет микросхема К572ПВ5?

7) Какую функцию выполняет микросхема К427ПА1?

8) *приемы преподавания*: активизация ЗУН студентов;

9) *приемы учения*: участие в диалогической беседе.

**2. Формирование новых знаний и способов действия. 35 мин.**

1) Содержание нового материала:

**Тема** Основные определения и понятия о микропроцессорах как примерах цифрового автомата. Назначение, классификация и типовая структура микропроцессора. Два подхода к построению процессоров: принципы схемной логики и программируемой логики. Способы организации управления вычислительным процессом. Классификация микропроцессорных средств. Поколения микропроцессоров. Области применения микропроцессоров и микроЭВМ. Роль микропроцессорной техники при создании систем обработки данных. Перспективы развития и использования микропроцессорных средств.

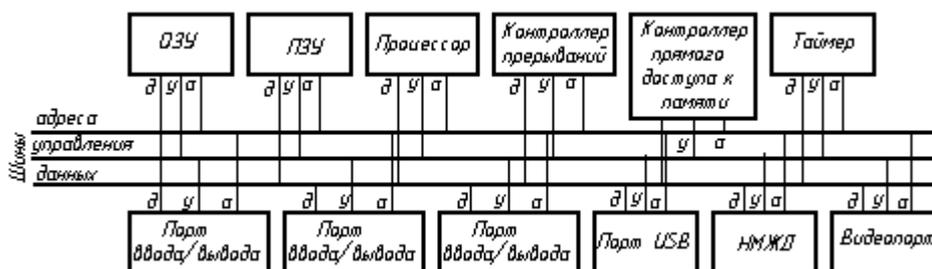
Уже прошло более 80 лет с момента появления первой электронной вычислительной машины. С тех пор образовалась целая отрасль вычислительной техники. Вычислительная техника из лабораторных стен и научных институтов шагнула в промышленность, а теперь и в быт простых людей. В настоящее время вычислительные машины начали развиваться тремя различными путями. Первый путь это универсальные мощные ЭВМ, предназначенные для научных и исследовательских расчётов, расчётов высокой степени сложности и скорости. Например, расчёты траектории полета баллистических ракет, астрономические расчёты для спутников, сложные расчёты при проектировании самолётов и т.д.

Второй путь – специализированные ЭВМ управления производством в цехах, станки с ЧПУ, устройства навигации, расчёта и управления орудиями в таках самолётах, кораблях и т.д.

Третий путь – персональные ЭВМ, поле применения которых широчайшее от игр, то научных расчётов и проектных работ.

Четвёртый путь – контроллеры, в том числе и микроконтроллеры, работающие в большинстве бытовой аппаратуры и устройств, до управления автомобильными двигателями и т.д.

Не смотря на такое широчайшее поле применения ЭВМ они устроены одинаково. У всех ЭВМ имеются процессор, ОЗУ, ПЗУ, контроле прерываний контроллер прямого доступа к памяти, таймер, порты ввода/вывода, порт USB, накопитель на магнитном жёстком диске НМЖД, видеопорт.



Различия тоже есть, например, в ЭВМ специального назначения при малых габаритах может не быть НМЖД, видеопорта или контроллера прямого доступа к памяти и т.д.

#### Назначение узлов ЭВМ.

Процессор выполняет все арифметико-логические операции, управляет остальными узлами, согласно алгоритму заключённому в нем и программе написанной программистом.

ОЗУ предназначена для временного хранения данных (пока присутствует электропитание)

ПЗУ предназначена для постоянного хранения тестовой программы, для малых и специализированных машин и микроконтроллеров программы и данных длительного хранения, констант.

Порты ввода/вывода предназначены для обеспечения взаимодействия и связи с внешними устройствами (клавиатура, мышь, устройства управления промышленным оборудованием и т.д.).

Порт USB – универсальный порт предназначен для обеспечения связи между компьютерами и различными устройствами.

Видеопорт предназначен для выдачи видеоинформации на дисплей, проектор и т.д.

Контроллер прерываний служит для определения устройства, которое требует обслуживания (приёма/передачи данных), ставит их заявки в очередь и передаёт из процессору. Процессор прерывает исполнение программы, запоминает последнюю команду и обращается к устройству требующему обслуживания для выполнения подпрограммы работы с этим устройством. После окончания подпрограммы процессор возвращается к прерванной программе и продолжает её выполнять.

Контроллер прямого доступа служит для освобождения процессора от непроизводительной работы передачи большого объёма информации из ОЗУ, ПЗУ или НМЖД, например в видеопорт.

Таймер отсчитывает необходимые промежутки времени для работы программы или каких либо узлов, например портов в/в при приёме или передаче данных.

Как правило, особенно большие ЭВМ имеют три шины: адресную, управления и данных. Шиной называется совокупность проводников объединяемых передател для работы с процессором. чей сигналов определённого назначения.

Адресная шина служит для передачи сигналов адреса, как правило, она однонаправленная от процессора, или контроллера прямого доступа к остальным узлам и устройствам. Благодаря этим сигналам определяется устройства или узел для работы с процессором.

Шина управления - двухсторонняя, служит для передачи сигналов управления: читать, писать и т.д.

Шина данных – тоже двухсторонняя служит для передачи данных от устройства к процессору и наоборот.

В больших универсальных ЭВМ процессор занимает, как правило, один или два шкафа. Но в 70 годах прошлого столетия фирма Intel выпустила первый микропроцессор, который в своём составе имел все узлы 4-х разрядного процессора, но был выполнен в пределах одной микросхемы (I4004). Этот процессор использовался для калькуляторов, но большой популярности не завоевал. Большую популярность имела модель 8-ми разрядного микропроцессора I8080, на которой уже можно было конструировать простые персональные компьютеры. Затем пошли 16-, 32-, 64- разрядные модели. Эти микропроцессоры стоят с современных ПЭВМ. Но уже процессоры I8080 начали ставить не только в ПЭВМ но и

контроллеры. Контроллеры это ЭВМ, имеющая не все узлы и устройства входящие в состав универсальных ЭВМ, но развитыми портами В/В предназначенная для управления механизмами. В 80 годах прошлого века появились микроконтроллеры, которые в одной микросхеме содержали не только процессор, но и ОЗУ, ПЗУ, порты в/в, таймер, контроллер прерываний. Некоторые микроконтроллеры имели узлы не свойственные ЭВМ, например АЦП, ЦАП и т.д. Одним из наиболее распространённых микроконтроллеров прошлого века была микросхема I8051. Эта микросхема имела 8-разрядный процессор, ОЗУ ёмкостью 256 байт, ПЗУ ёмкостью 2 кбайта, два таймера и три параллельных порта. Но изюминкой этого контроллера была система команд. Она оказалась настолько удачной, что другие фирмы начали делать клоны этого контроллера с усовершенствованиями дополнениями, но работавшими в этой системе команд. Так родилось семейство MCS-51.

Как правило, все микроконтроллеры имеют Гарвардскую архитектуру, это означает, что память данных и память программ разделены физически. Это упрощает программирование и убыстряет работу микроконтроллеров. Универсальные ЭВМ используют архитектуру фон Неймана. Согласно этой архитектуре программы и данные хранятся в одном объёме памяти и для их разделения имеется специальная программа Супервизор.

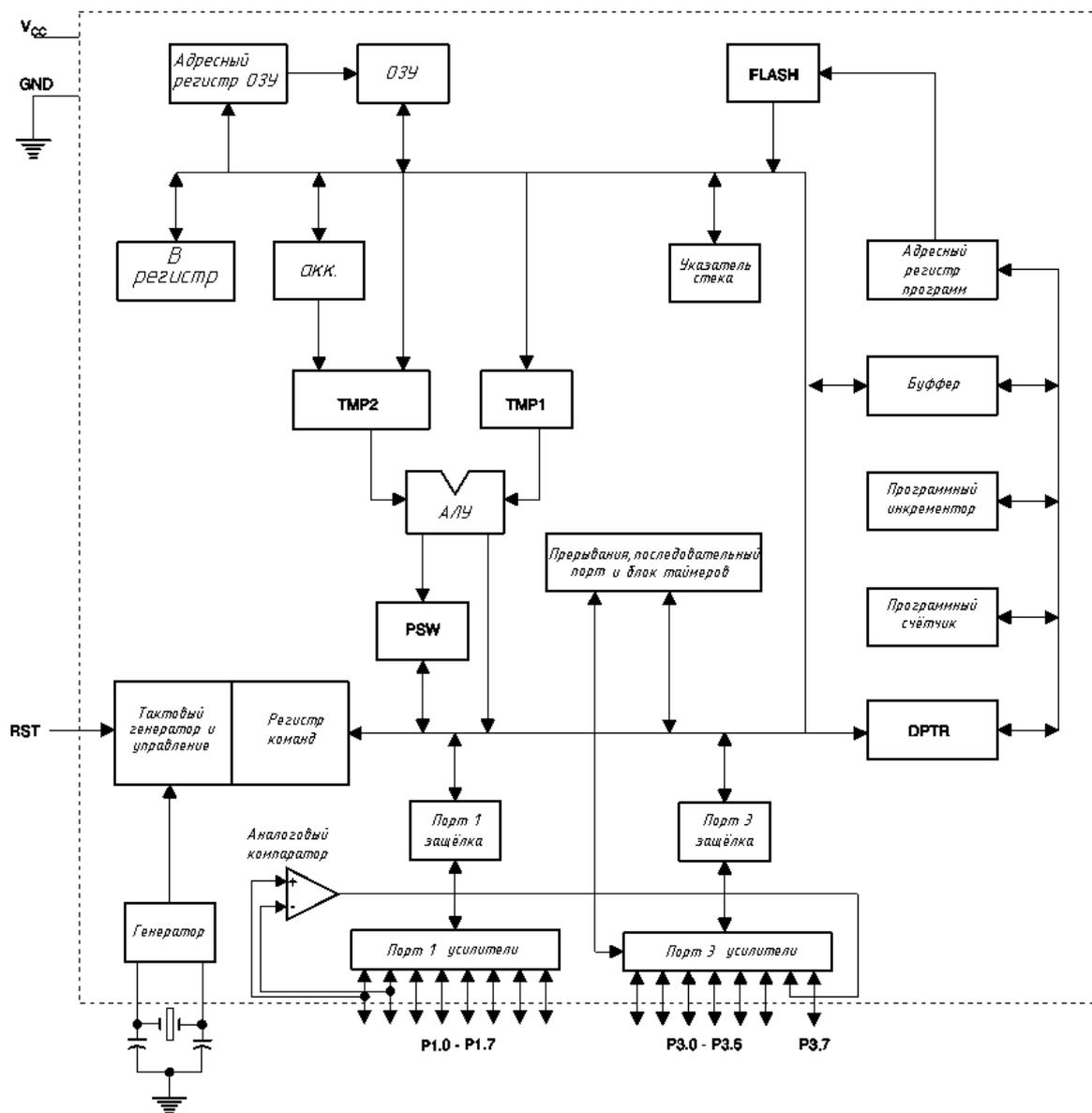
Рассмотрим структуру микроконтроллера AT89C2051 из семейства MCS-5

AT89C2051 является низковольтным КМОП высокопроизводительным 8-битный микроконтроллером.

AT89C2051 имеет следующие стандартные узлы: 2К байт FLASH(PEROM), 128 байт ОЗУ, 15 линий ввода/вывода, два 16-битных таймера/счетчика, двухуровневую, пяти векторную архитектуру прерываний, полнодуплексный последовательный порт, прецизионный аналоговый компаратор, внутренний задающий генератор и тактовый генератор для управления схемой. Кроме того, AT89C2051 разработан со статической логикой для работы до нулевой частоты и поддерживает два по выбору программных режима экономии питания. Режим ожидания останавливает процессор, позволяя ОЗУ, таймеру/счетчикам, последовательному порту и системе прерывания продолжать работать. Режим пониженного энергопотребления сохраняет содержимое памяти, но отключает тактовый генератор, не отключая все другие функции чипа до следующего аппаратного сброса.

RST/VPP	1	20	VCC
(RXD) P3.0	2	19	P1.7
(TXD) P3.1	3	18	P1.6
XTAL2	4	17	P1.5
XTAL1	5	16	P1.4
(INT0) P3.2	6	15	P1.3
(INT1) P3.3	7	14	P1.2
(TO) P3.4	8	13	P1.1 (AIN1)
(T1) P3.5	9	12	P1.0 (AIN0)
GND	10	11	P3.7

## Расположение выводов



Узлы структурной схемы. Генератор при подключении внешнего кварцевого резонатора задаём импульсы для тактового генератора и схемы управления, которая синхронизирует работы всех узлов микроконтроллера. АЛУ – арифметико-логическое устройство предназначено для выполнения

арифметических и логических операций с ним связаны два регистра временного хранения, которые недоступны программисту и регистр PSW.

АЛУ работает следующим образом, один из операнд - число над которым будет производиться математическое действие, загружается программистом в АКК – аккумулятор второй операнд забирается из устройства, адресуемого командой. АЛУ производит математическое действие, и результат загружает в аккумулятор. С аккумулятором связан регистр PSW(ProgrammStateWord -слово состояния программы), в котором сохраняются признаки числа результата. Это чётность/нечётность, положительное/отрицательное число и т.д. Анализируя содержимое этого регистра программист осуществляет ветвление программы. С ОЗУ связан регистр адреса ОЗУ. Объём ОЗУ 128 байт для данных, доступная часть для программиста и дополнительные 128 байт, где для программиста доступны отдельные ячейки, которые адресуются как именные (служебные) регистры. FLASH – это ППЗУ ёмкость 2 килобайта. Здесь хранится программа, константы, и данные требующие длительной сохранности. Разрядность машинного слова 8 бит, разрядность адреса ОЗУ 8 бит, а разрядность FLASH памяти 11 бит. Адресный регистр программ, буфер, инкрементатор команд и программный счётчик предназначены для правильной и безошибочной работы программы. Для изменения порядка работы программы или адресации во памяти констант, данных служит 16-разрядный регистр DPTR. Программист имеет доступ к этому регистру и даже к его 8-разрядным половинкам. В области 128 байт, доступных для программиста организуется область, называемая стеком с адресацией ячеек отличной от адресации остальных ячеек. Для сохранения адреса данных находящихся в стеке имеется регистр «указатель стека». Команда считанная из FLASH памяти хранится в регистре команд, где она анализируется и запускается алгоритм её выполнения. В микроконтроллере имеются два параллельных порта 1 (P1.0-P1.7) и 3 (P3.0-P3.5,P3.7) выходы которого двунаправленные и многие из них могут выполнять несколько функций. В микроконтроллере имеется блок прерываний, последовательный порт и блок из двух таймеров. Этот блок принимает 5 прерываний от:от двух таймеров, последовательного порта и двух внешних входов прерываний (P3.2,P3.3).

Команды контроллера AT89C2051 делятся на 5 частей: команды пересылки, команды арифметических операций, команды логических операций команды работы с битами, команды условного и безусловного переходов. Для написания программ используется языки программирования ассемблер, или Си++.

### **3. Применение знаний, умений, навыков. 25 мин.**

17) содержание формируемых умений и навыков: *активизация полученных ЗУН: 10 мин.*

Вопросы и понятия:

1. Что называется микропроцессором?
2. Где называется микроконтроллером?
3. Какие применяются архитектуры для построения ЭВМ?
4. Как работает структурная схема ЭВМ?
5. Как работает структурная схема микроконтроллера AT89C2051?

"Утверждаю"  
зам. директора по УР  
Дюпина Н.А.  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020г.

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии  
обще профессиональных дисциплин  
протокол №1 от 31.08.20г.  
Председатель ПЦК  
Севастьянова Ю.А.

Разработал: преподаватель СКЖТ Дудин Б.В.

Рецензенты: преподаватель СКЖТ Севастьянова Ю.А.