ЭЛЕКТРОНИКА

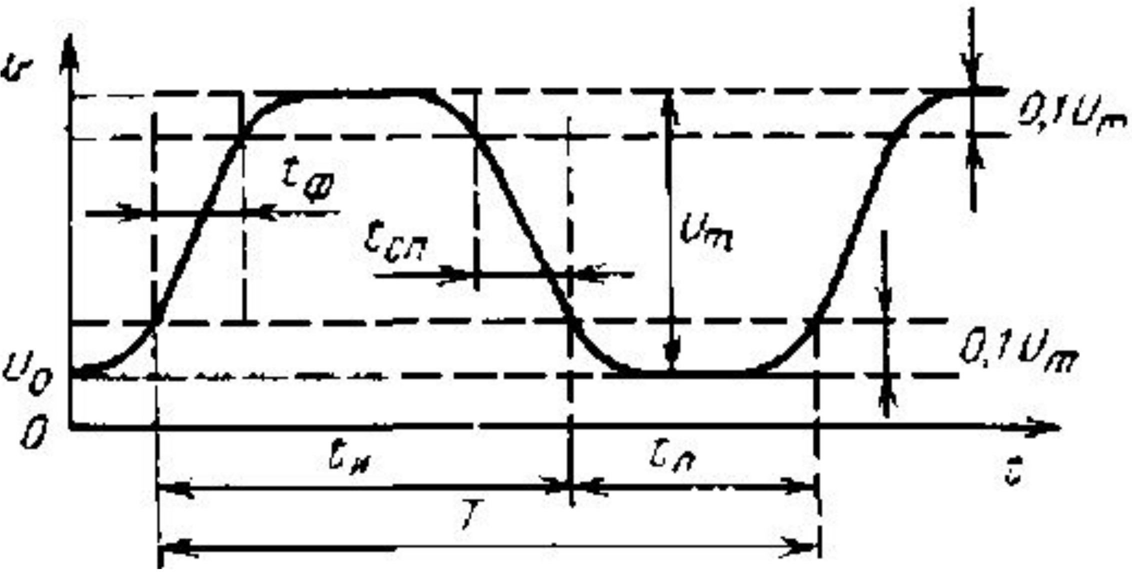
ЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ
(2 ЧАС)

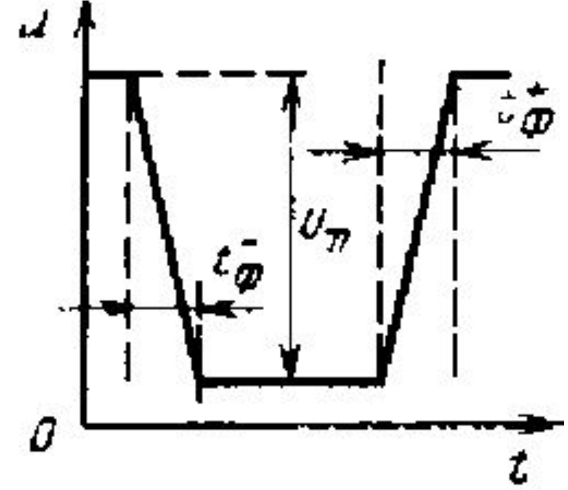
(ОСНОВНЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ И ТАБЛИЦЫ ИСТИННОСТИ; ЭЛЕМЕНТЫ ИЛИ-НЕ И И-НЕ; РЕАЛИЗАЦИЯ СЛОЖНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ; МИНИМИЗАЦИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ; ЗАПИСЬ ЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В УНИВЕРСАЛЬНЫХ БАЗИСАХ; ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ, БАЗОВЫЕ МАТРИЧНЫЕ КРИСТАЛЛЫ И ПЛИС)

Дискретные электронные устройства (ДЭУ) предназначены для приёма, преобразования и передачи электрических сигналов, полученных путём квантования по времени и/или уровню исходной аналоговой функции *x (t)*.

Квантованием наз. процесс замены непрерывного сигнала его дискретными значениями в отдельных точках

Действующие в них сигналы пропорциональны конечному числу выбранных по определённому закону значений реальной физической величины, отображаемой в виде различных параметров импульсов или перепадов сигнала, но так как информация о её изменении может быть получена только при сравнении двух импульсов, полу- нс такой информации растягивается во времени. Следовательно,, для получения полной информации о конечном во времени физическом процессе необходимо бесконечное число импульсов, т. е. временные масштабы протекания физического процесса и его отображения при помощи импульсов не совпадают. Поэтому в ДЭУ используется только часть информации о реальной физической величине, т. е. процесс представления ин формации сопряжён с частичной ее потерей.





Электрическим импульсом наз. кратковременное периодически повторяющееся отклонение напряжения *u(t)* или тока *i(t)* от установившегося значения.

Перепадами напряжения или тока наз. быстрое изменение u(t) или i(t) между двумя постоянными уровнями.

Величина $f=1/T$ наз. частотой следования импульсов;

t_n = ***длительность паузы между импульсами***; $K_з = t_u/T$ — ***коэффициент заполнения импульсов***; у= T/t_u— ***скважность импульсов***.

Периодически повторяющиеся перепады напряжения с производными *dufdt* различных знаков (положительные *duldt*>0 и отрицательные *du/fdt*<0 перепады) образуют импульсы прямоугольной формы. В частном случае, когда положительные и отрицательные перепады следуют через равные промежутки времени, напряжение прямоугольной формы называют ***меандром***.

Импульсные признаки, используемые для передачи двоичных кодов

Символ	Амплитудные			Временные			Полярные	Частотные		Фазовые
1			U_1	τ						
0			U_2	τ_1						

Рис. 1.2. Последовательная передача кодовой комбинации видеоимпульсами

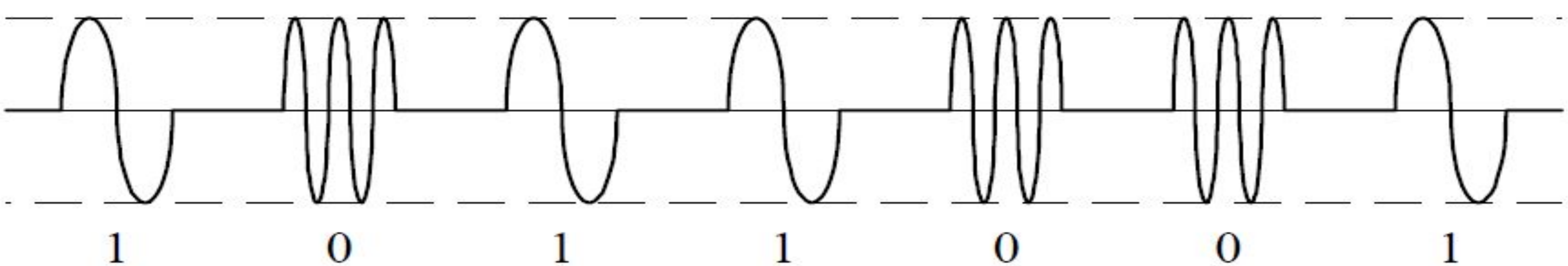


Рис. 1.3. Последовательная передача кодовой комбинации

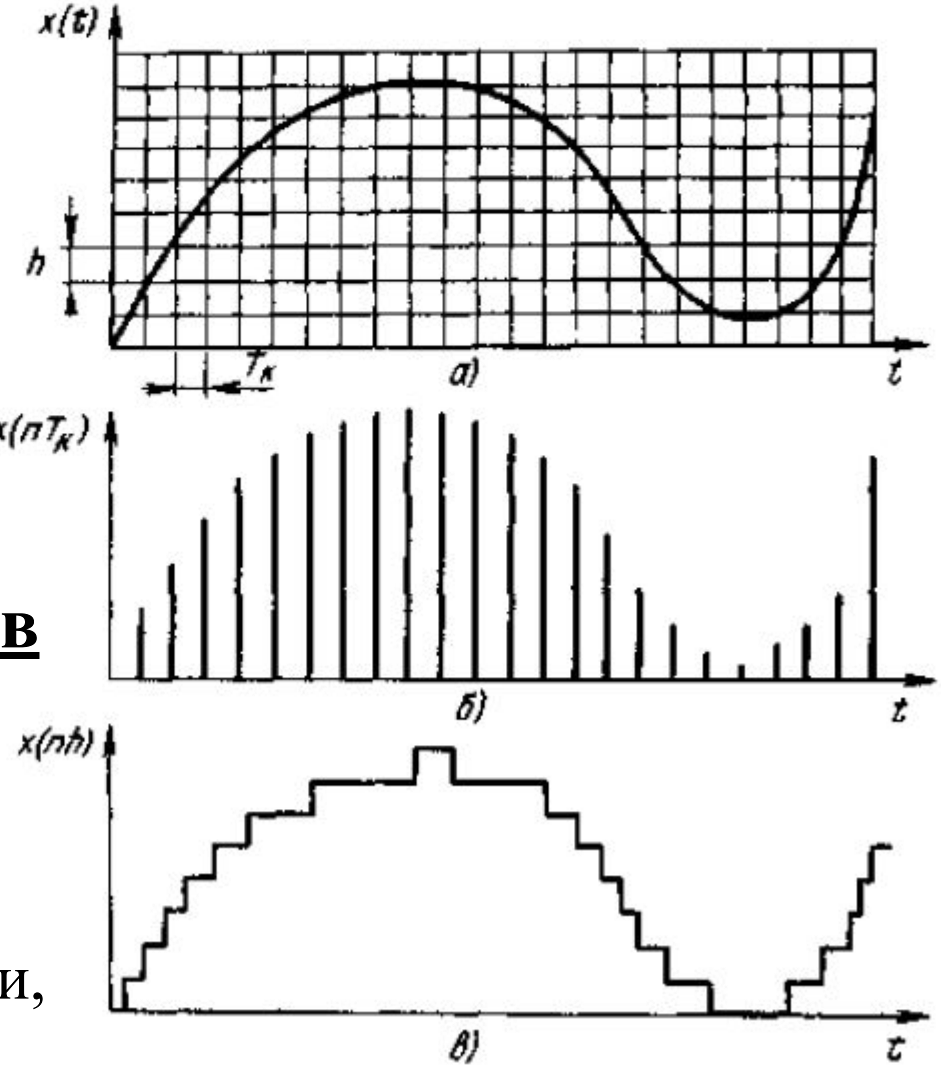
Параллельная передача кодовых комбинаций

Номер разряда	Частота	Номер кодовой комбинации и время её передачи	
		1-t_1	2-t_2
1	f_1	1	1
2	f_2	0 —	1
3	f_3	0 —	1
4	f_4	1	0 —

По типу квантования сигнала ДЭУ делят на три подкласса: импульсные, релейные и цифровые.

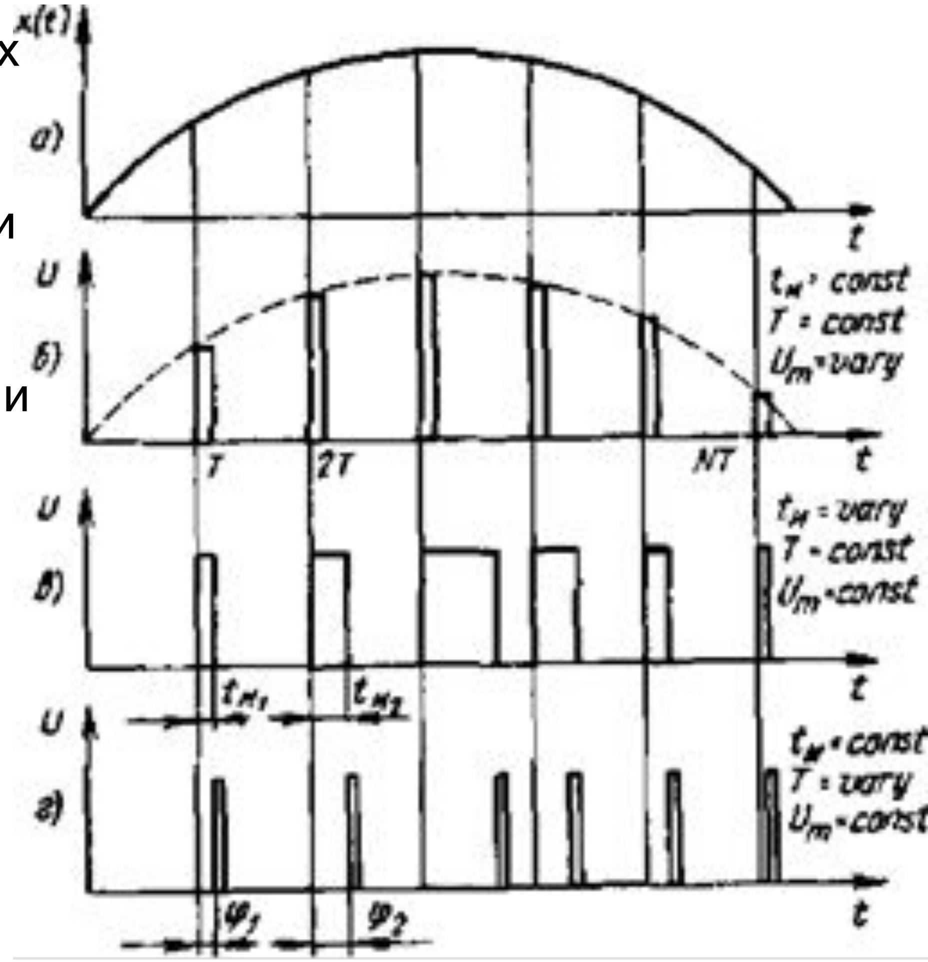
Импульсные электронные устройства **(ИЭУ) реализуют квантование исходного сигнала *x(t)* по времени и преобразуют его в последовательность импульсов, как правило, неизменной частоты.**

В ИЭУ хотя и нарушается непрерывность представления сигналов (информация) во времени, сами значения для выбранных моментов времени точно соответствуют значениям *x(t)*, т. е. непрерывность сигнала по величине сохраняется.



Квантование аналогового сигнала $x(t)$ (a) по времени ($б$) и уровню ($в$)

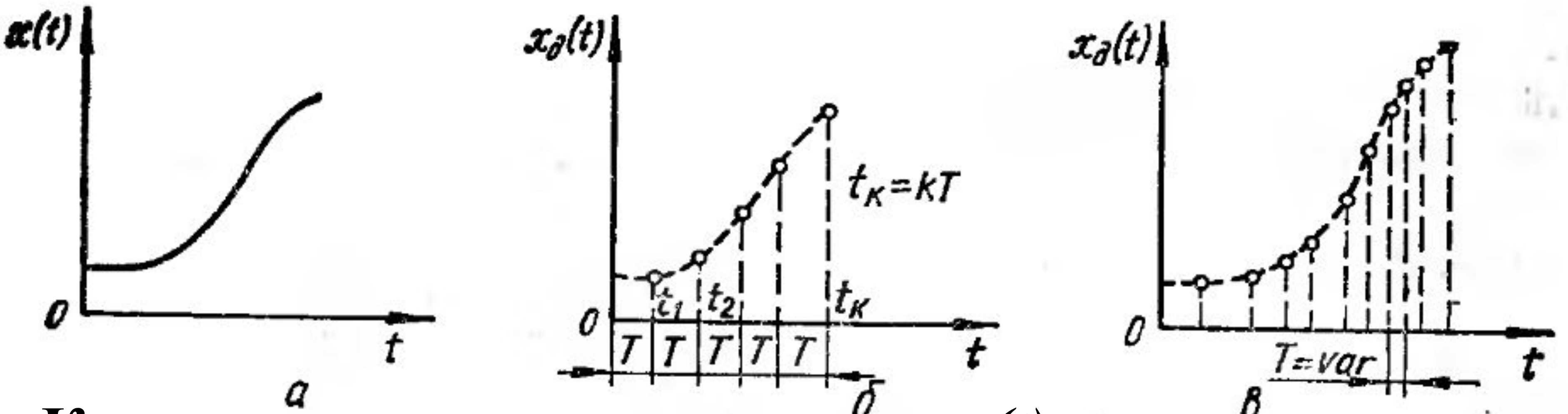
Импульсные электронные устройства реализуют квантование исходного сигнала x (t)) по времени и преобразуют его в последовательность импульсов, как правило, неизменной частоты. В ИЭУ хотя и нарушается непрерывность представления сигналов (информация) во времени, сами значения для выбранных моментов времени точно соответствуют значениям x(t), т. е. непрерывность сигнала по величине сохраняется.



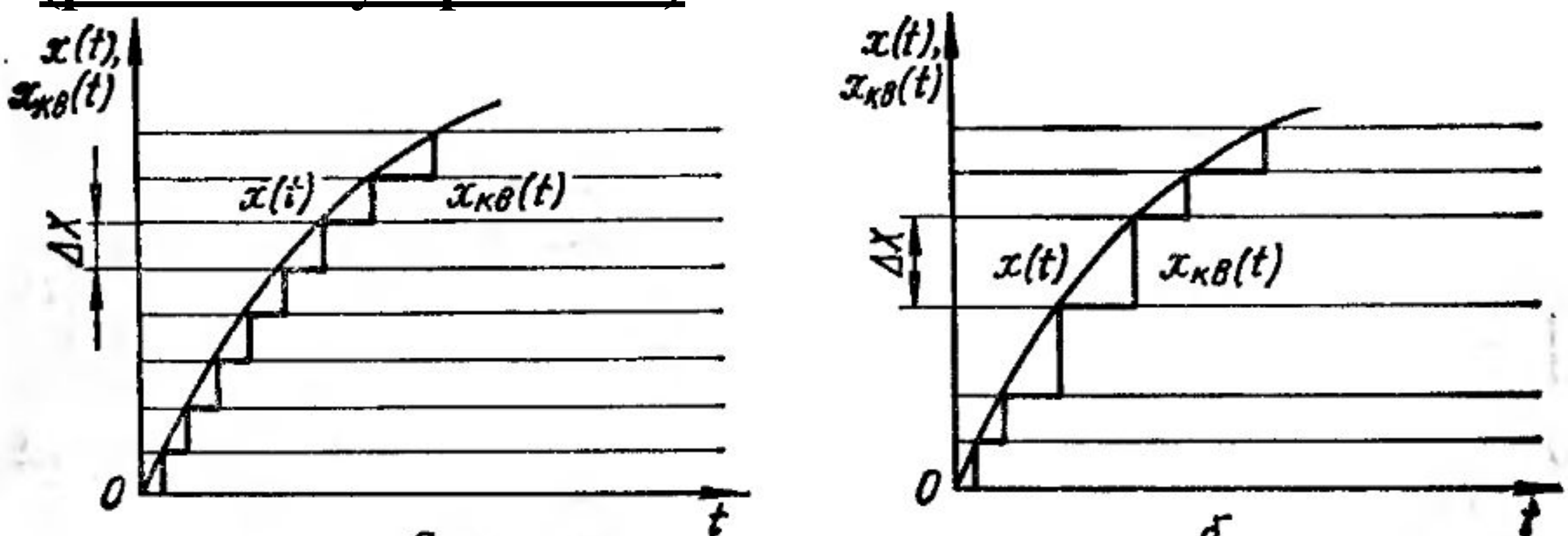
Виды импульсной модуляции

а — изменение исходной аналоговой величины; б — последовательность амплнтудно-модулирояаияых Ь - импульсов: в — последовательность широтно-модулированных импульсов; г — последовательность фазо-модулированных импульсов

Квантование исходного сигнала *x(t)* по времени (импульсные устройства)



Квантование исходного сигнала *x(t)* по уровню (релейные устройства)



Цифровые электронные устройства (ЦЭУ) реализуют квантование исходного сигнала x(/) как по времени, так и по величине. Поэтому в фиксированные моменты времени такие сигналы только приближенно соответствуют значениям Очевидно, чем больше дискретных значений, которые может принимать сигнал, т. е. чем больше уровней дискретизации, тем точнее соответствует дискретный сигнал аналоговому. Однако в любом случае мы имеем дело **с** конечным числом его значений. Таким образом, в дискретном сигнале нарушена непрерывность представления информации как по величине, так и во времени.

В свою очередь, конечному числу дискретных значений исходной физической величины можно поставить в соответствие некоторое число. Процесс замены дискретных уровней сигнала последовательностью чисел носит название кодирования, а совокупность полученных чисел называется кодом сигнала. Таким образом, процесс непосредственного преобразования и передачи сигналов можно заменить процессом преобразования и передачи кодов, поставленных в соответствие исходным сигналам.

Устройства, занимающиеся формированием, преобразованием и передачей кодов, поставленных в соответствие реальным значениям физических переменных, называют *цифровыми устройствами.* Передача кодов, каждый из которых, как правило, представляется некоторой последовательностью однотипных импульсов, требует некоторого времени. Очевидно, что это время больше времени, необходимого для передачи той же информации в импульсной и 1ем более непрерывной системах. Поэтому при прочих pamtux условиях количество информации, передаваемой цифровым способом, минимально.

Релейные электронные устройства (РЭУ) реализуют квантование исходного сигнала *x(t)* по уровню и Преобразуют его в ступенчатую функцию, высота каждой из ступенек которой пропорциональна некоторой наперед заданной величине/t (см. рис. 1.4,в). Изменение уровня сигнала происходит в произвольные моменты времени, определяемые только заданными уровнями *nh* и величиной *x(t),* Поэтому аналогично с ИЭУ в моменты формирования ступенек сигнал РЭУ точно отражает значение исходной *x(t)*. Следовательно, при дискретизации представления по величине в РЭУ сохраняется непрерывность отображения информации во времени.

Основная область применения РЭУ связана не с преобразованием информации, а с преобразованием энергии, т. е. с силовой электроникой По сравнению с ИЭУ они, как правило, проще (отсутствует импульсный модулятор) и обладают большим быстро действием.

Достоинства ЦЭУ: высокая помехоустойчивость; высокая на дежность; возможность длительного хранения информации без ее потери; экономическая эффективность, обусловленная высокой 1ехнологичностью и повторяемостью устройств; энергетическая эффективность, а также совместимость с интегральной технологией.

Недостатки ЦЭУ: малое быстродействие; малая точность.

Однако меньшее быстродействие цифровых устройств с лихвой окупается возможностью унификации самих цифровых элементов, что позволяет с помощью их большого количества успешно решать вопросы повышения точности и быстродействия ЦЭУ.

Минимально возможный объем, который может занимать ЭУ, к конечном счете определяется количеством теплоты, выделяемой в этом объеме. Поэтому использование дискретных ^методов обработки информации позволяет реализовать ДЭУ в значительно меньшем объеме, чем в случае аналоговой информации.

Ранее мы отметили, что способность реализации сложных алгоритмов обработки информации в минимальных объемах с минимальными затратами и высокой надежностью работы является основной причиной повсеместного использования электронных >стройств Сказанному в полной мере отвечают цифровые электронные устройства, которые, несмотря на меньшие быстродействие и точность по сравнению с другими рассмотренными типами ЭУ, получают в настоящее время все большее распространение.

Цифровыми наз. устройства формирования, преобразования и передачи кодовых слов.

Кодом наз. систему символов представления информации, удобную для обработки, хранения и передачи (число в десятичной или двоичной системе счисления).

В цифровой технике для записи кодовых символов, или просто кода, используют две цифры: 0 и 1 (сигналы с двумя уровнями напряжения: высоким и низким).

Современные устройства цифровой обработки информации используют: числа и логические переменные.

Числа - количественные характеристике процесса, объекта, системы, над ними можно производить арифметические действия.

Логические переменные определяют состояние системы или принадлежность её к определённому классу состояний.

Цифровые методы передачи информации по сравнению с другими имеют ряд преимуществ. Главными из них являются следующие:
1) приём сигнала сводится не к измерению, а к обнаружению 1 или 0;
2) сообщения в цифровой форме легко обрабатываются, запоминаются, коммутируются и регистрируются;
3) возможна многократная передача без накопления ошибок;
4) применение помехоустойчивого кодирования позволяет значительно увеличить достоверность передачи телемеханических сообщений;
5) упрощаются требования, предъявляемые к радиолиниям в отношении калибровки эталонных уровней;
6) улучшается использование канала связи в случае применения специальных кодов, статистически согласованных с передаваемыми сообщениями.

Под кодированием в широком смысле понимается переход от одного способа задания информации к другому, допускающий восстановление исходной информации. Теория кодирования получила большое развитие, начиная с 40-х годов XX века после работ К.Шеннона.

В данном конспекте большое внимание уделено теоретическим основам построения кодовых комбинаций, а также преобразованию кода передаваемой и обрабатываемой информации с сохранением его числового эквивалента. Преобразование может осуществляться программным или аппаратным способом.

Целями кодирования сообщений обычно являются:
1) передача по общему каналу связи нескольких или многих сообщений для кодового разделения сигналов;
2) повышение помехоустойчивости и достоверности передачи сообщений;
3) более экономное использование полосы частот канала связи, т.е. уменьшение избыточности;
4) уменьшение стоимости передачи и хранения сообщений;
5) обеспечение скрытности передачи и хранения информации;
6) преобразование любой информации независимо от ее происхождения и назначения в единую систему символов;
7) приведение исходных символов в соответствие с характеристиками канала связи.

Существующие системы счисления подразделяются на ***позици онные и непозиционные.*** В непозиционных системах значение кон кретной цифры постоянно у не зависит от ее расположения в записи числа.

$$X_q = x_{n-1}q^{n-1} + x_{n-2}q^{n-2} + \ldots + x_0q^0 + x_{-1}q^{-1} + \ldots + x_{-m}q^{-m}, \quad (14.1)$$

где x_i — разрядный коэффициент ($x_i = 0 \ldots q-1$); q^i — весовой коэффициент.

Число q наз. основанием системы счисления, может быть как целым, так и дробным. Если в выражении (14.1) отбросить весовые коэффициенты q' и соответствующие знаки сложения, то получим сокращенную запись числа, носящую название **q-ичного кода** числа X,,. Номер позиции цифры x_i называют его разрядом. Разряды с положительными степенями q образуют целую часть числа Xq, с отрицательными степенями — дробную. Цифры x_{n-1} и x_{-m} соответственно являются старшим и младшим разрядами числа.

$$F(10) = \sum_{i=0}^{n-1} A_i 10^i \qquad F(2) = \sum_{i=0}^{n-1} A_i 2^i$$

<u>Количество различных чисел, которое может быть записано в позиционной системе счисления с основанием q при заданном числе разрядов:</u> $N = q^{n+m}$

Количество разрядов, необходимое для записи в позиционной системе счисления с основанием q некоторого числа X, можно определить из следующих соображений. Для записи числа X в системе с основанием q должно выполняться условие $X_q \leqslant q^{n+m} - 1$

Тогда

$$n + m \geqslant \log_q (X_q + 1)$$

В цифровой технике нашли применение только позиционные системы счисления.

$$F(10) = \sum_{i=0}^{n-1} A_i 10^i$$

$$F(2) = \sum_{i=0}^{n-1} A_i 2^i$$

Двоичная система счисления, как и десятичная, относится к позиционным системам и является системой с основанием 2.

В десятичной системе число A, имеющее n-разрядную целую часть и m-разрядную дробную часть, представляется суммой

$$A = a_{n-1} \cdot 10^{n-1} + a_{n-2} \cdot 10^{n-2} + \dots + a_i 10^i + \dots + a_0 10^0 +$$

$$+ a_{-1} \cdot 10^{-1} + a_{-2} 10^{-2} + \dots + a_{-m} 10^{-m},$$

где a_i — десятичная цифра от 0 до 9, а основанием системы счисления является число 10.

Например, число 236,75 в десятичной системе в соответствии с этим уравнением можно записать

$$236,75 = 2 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 6 \cdot 10^0 + 7 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2}.$$

Аналогично в двоичной системе число B можно представить в виде суммы

$$B = b_{n-1} \cdot 2^{n-1} + b_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + b_i 2^i + \dots + b_0 \cdot 2^0 +$$

$$+ b_{-1} \cdot 2^{-1} + b_{-2} 2^{-2} + \dots + b_{-m} \cdot 2^{-m},$$

где b — двоичные цифры 0 и 1, а основанием системы счисления является число 2 (в десятичном виде).

Например, то же число 236,75 в двоичном коде запишется $236,75 = 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 +$
$+ 1 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2}$. <u>1110110011</u>

Число символов в кодовом слове цифрового устройства фиксировано*, т.е. кодовые слова имеют одинаковую длину.*

Если кодовое слово имеет n символов (разрядов), то из них можно составить N = 2^n комбинаций кодовых слов. Например, в 32-разрядном вычислительном устройстве можно закодировать 2^{32} = 4 296 967 298 слов.

Для оценки количества цифровой информации используют *бит* и *байт* (1 байт = 8 бит).

Функционирование цифровых устройств можно представить следующим образом:

- посредством генератора тактовых импульсов производится **синхронизация начала** выполнения отдельных операций преобразования входного кодового слова и отводится **время выполнения** команды (в течение одного или нескольких периодов тактовых импульсов);
- после активизации начала операции осуществляется **преобразование** всех входных кодовых слов (логических нулей и единиц) в требуемые выходные кодовые слова;
- выходные кодовые слова отправляются **на хранение** в память цифрового устройства и/или во внешние устройства **для выполнения** определённых действий.

Переход от системы счисления с большим основанием к системе счисления с меньшим основанием выполняется с соблюдением следующих правил:

а) целая часть исходного числа делится на основание новой системы счисления;

б) дробная часть исходного числа умножается на основание новой системы счисления. Преобразуем число 25,12 в двоично-десятичную систему

Решение. 1. Преобразуем целую часть:

$$25:2=12+1\,(X_0=1)$$

$$12:2=6+0\,(X_1=0)$$

$$6:2=3+0\,(X_2=0)$$

$$3:2=1+1\,(X_3=1)$$

$$1:2=0+1\,(X_4=1)$$

Запись целой части двоичного числа X_2 производится с последнего результата деления, т. е. $25_{10}=11001_2$.

2. Преобразуем пробную часть:

$$0{,}12\cdot 2=0+0{,}24\,(X_{-1}=0)$$

$$0{,}24\cdot 2=0+0{,}48\,(X_{-2}=0)$$

$$0{,}48\cdot 2=0+0{,}96\,(X_{-3}=0)$$

$$0{,}96\cdot 2=1+0{,}92\,(X_{-4}=1)$$

$$0{,}92\cdot 2=1+0{,}84\,(X_{-5}=1)$$

Запись дробной части двоичного числа производится с первого результат умножения, т. е. $0{,}12_{10}=0{,}0001_2$.

<u>В качестве математического аппарата для функций и аргументов, принимающих только два значения — 0 и 1, используется двоичная (булева) алгебра — алгебра логики.</u>
<u>Логическими (булевыми, двоичными) переменными (аргументами, высказываниями) в двоичной алгебре называются величины, которые независимо от их конкретной физической сущности могут принимать только два значения — 0 и 1.</u>

Десятичное число	Двоичное число	Десятичное число	Двоичное число
0	0	8	1000
1	1	9	1001
2	10	10	1010
3	11	11	1011
4	100	12	1100
5	101	13	1101
6	110	14	1110
7	111	15	1111

Арифметические устройства (сумматоры, умножители) предназначены для выполнения арифметических операций над бинарными кодовыми словами. Числа (кодовые слова) в цифровых устройствах обычно представляют в позиционной двоичной системе счисления, осуществляемой по следующему правилу:

$$A=(a_1a_2...a_n)=a_1\cdot 2^{n-1}+a_2\cdot 2^{n-2}+...+a_n\cdot 2^0, \qquad (5.1)$$

где $a_1, a_2, \ldots, a_n$ — весовые коэффициенты, принимающие значения 1 и 0; n — число разрядов в коде. Например, $26_{(10)} = 11010_{(2)}$, $n = 5$.

Натуральный ряд чисел в различных системах счисления

Десятиричная	Шестнадцатеричная	Восьмеричная	Двоичная	Десятиричная	Шестнадцатеричная	Восьмеричная	Двоичная
1	2	3	4	1	2	3	4
0	0	0	0	11	*B*	13	1011
1	1	1	1	12	*C*	14	1100
2	2	2	10	13	*D*	15	1101
3	3	3	11	14	*E*	16	1110
4	4	4	100	15	*F*	17	1111
5	5	5	101	16	10	20	10000
6	6	6	110	17	11	21	10001
7	7	7	111	18	12	22	10010
8	8	10	1000	19	13	23	10011
9	9	11	1001	20	14	24	10100
10	A	12	1010	21	15	25	10101

$$q_i = 2^{i-1}$$

$$q_i = 2^i - 1$$

Десятичный код	Двоичный код 2^3	2^2	2^1	2^0	Код Грея			
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0	0	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	0
5	0	1	0	1	0	1	1	1
6	0	1	1	0	0	1	0	1
7	0	1	1	1	0	1	0	0
8	1	0	0	0	1	1	0	0
9	1	0	0	1	1	1	0	1
10	1	0	1	0	1	1	1	1
11	1	0	1	1	1	1	1	0
12	1	1	0	0	1	0	1	0
13	1	1	0	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	1	0	0	1
15	1	1	1	1	1	0	0	0

8-4-2-1

1, 3, 7, 15, 31,….

Запись кодовых комбинаций десятичных чисел от 0 до 15 различными кодами

Десятичный	8-4-2-1 на все сочетания	2-4-2-1 (Айкена)	4-2-2-1	5-1-2-1	Код Грея 15-7-3-1	Джонсона	Единично-десятичный неравномерный
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0000	0000	0000	0000	0000	00000	25 →11 11111
1	0001	0001	0001	0001	0001	00001	14 → 1 1111
2	0010	0010	0010	0010	0011	00011	Единично-десятичный равномерный
3	0011	0011	0101	0011	0010	00111	
4	0100	0100	0110	0111	0110	01111	
5	0101	1011	1001	1000	0111	11111	8а
6	0110	1100	1010	1001	0101	11110	
7	0111	1101	1101	1010	0100	11100	25 →00000000110000011111
8	1000	1110	1110	1011	1100	11000	14 →00000000010000001111
9	1001	1111	1111	1111	1101	10000	Унитарный 12 - разрядный
10	1010	10000	10000	10000	1111	100000	
11	1011	10001	10001	10001	1110	100001	
12	1100	10010	10010	10010	1010	100011	8б
13	1101	10011	10101	10011	1011	100111	12 →111111111111
14	1110	10100	10110	10111	1001	101111	11 →011111111111
15	1111	11011	11001	11000	1000	111111	8 →000011111111

Самые современные и мощные микропроцессоры (компьютеры) из перечня арифметических операций способны выполнять только операцию сложения, то есть все их действия сводятся к суммированию.

Основной арифметической операцией, которая используется в цифровой технике, является **<u>сложение</u>** двоичных чисел, а к нему приводятся другие — вычитание, умножение, деление.

Двоичные числа складываются так же, как и десятичные: $0_2 + 0_2 = 0_2$; $0_2 + 1_2 = 1_2$; $1_2 + 0_2 = 1_2$; $1_2 + 1_2 = 10_2$. Для «удобства» ЦВМ, в последнем случае, записывается 0 от 10, а 1 оставляется в «уме машины» для *переноса* в первый разряд. Последнее сложение записывается и читается так: «1 + 1 = 0 плюс *перенос* 1». При сложении многоразрядных чисел эта перенесённая единица находит своё место. **<u>Вычитание</u>**

Положим, что из 1010_2 надо вычесть 0111_2, что равносильно $10_{10} — 7_{10} = 3_{10}$).

<u>Алгоритм вычисления таков</u>: сначала двоичное вычитаемое число *прямого* кода $[A]_n = 0111_2$ записывается в форме *обратного* кода $[A]_д = 1000_2$ (в обратном коде все 1 прямого кода заменяются на 0, а 0 — на 1). Результат обратного кода складывается с уменьшаемым, то есть $1010_2 + [A]_д = 1010_2 + 1000_2 = \boldsymbol{1}0010_2$ и получают промежуточное число $\boldsymbol{1}0010_2$. После этого производится перенос ***1*** из высшего разряда (отмечен жирным курсивом) промежуточного числа, и она складывается с содержимым младшего разряда, то есть $0010_2 + \boldsymbol{1}_2 = 0011_2$.

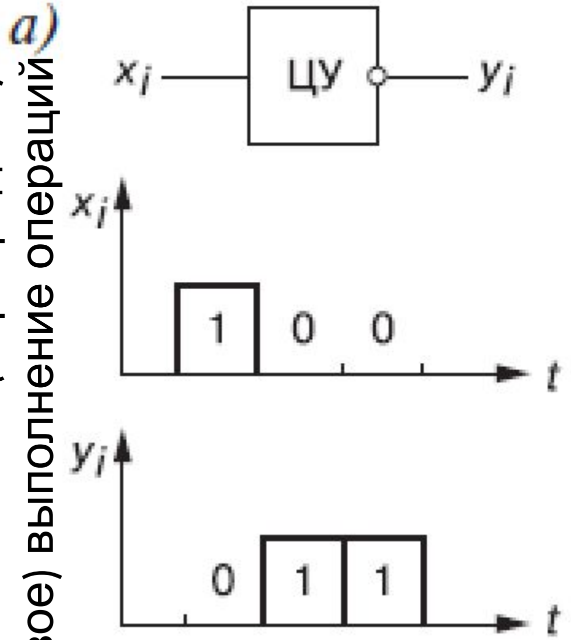
Заметив, что произведённый перенос *1* называется *циклическим переносом,* резюмируем, что полученное число 0011_2, равное 3_{10}, и есть искомый результат вычитания. Изложенный алгоритм вычитания не удобен для человека, однако, он «удобен» для ЦВМ.

Операции умножения и деления также приводятся к сложению

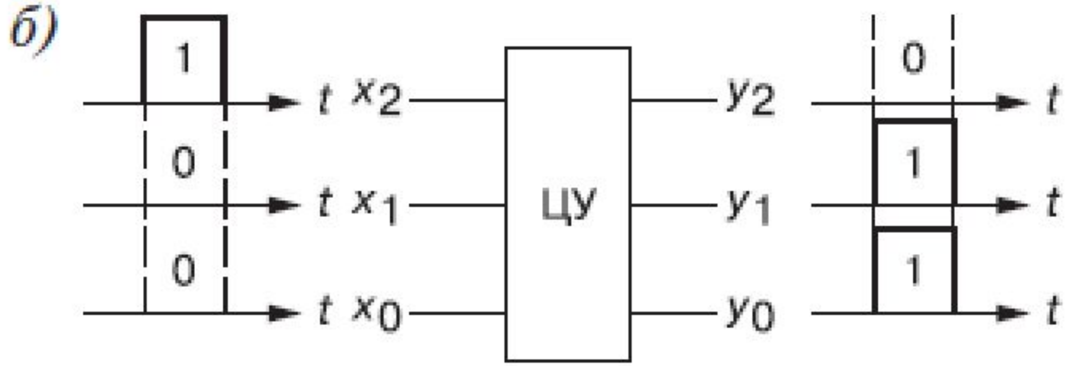
Операции над кодовыми словами, представленными в виде электрических сигналов, **в цифровом устройстве могут выполняться следующими двумя способами:**

- **последовательное** (поразрядное, побитовое) выполнение операций, при котором символы 1 и 0 кодового слова поступают последовательно по времени на единственный вход цифрового устройства и по завершении операции последовательно символ за символом выводятся из него. На рис. 5.1, *а* показано выполнение операции цифровым устройством ЦУ (инвертором) над трехразрядным входным словом $x_2x_1x_0$ = 100, при котором биты выходного слова $y_2y_1y_0$ = 011 принимают противоположные значения;
- **параллельное выполнение операций**, при котором символы 1 и 0 кодового слова поступают одновременно на три входа ЦУ и по завершении операции одновременно выводятся из него (рис. 5.1, *б*).

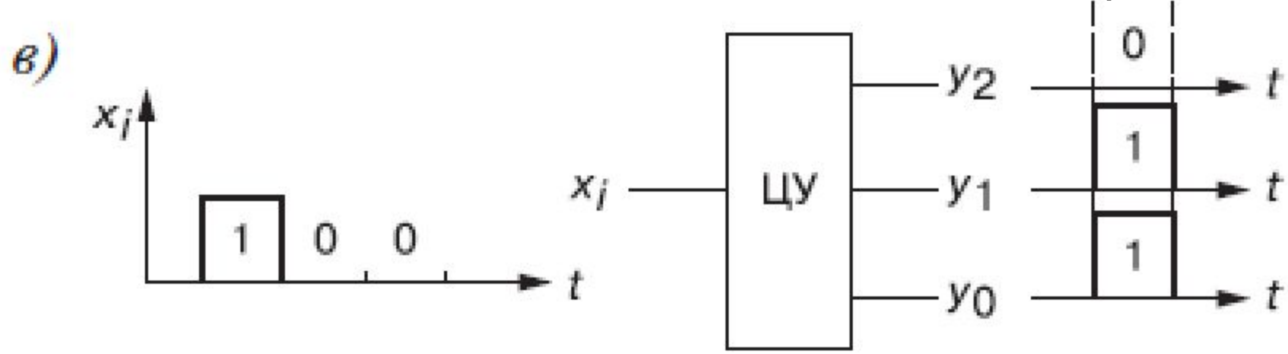
В ряде случаев используют комбинированные способы обработки информации: с последовательным вводом и параллельным выводом (рис. 5.1, *в*) и с параллельным вводом и последовательным выводом (рис. 5.1, *г*) последовательное (поразрядное, побитовое) выполнение операций



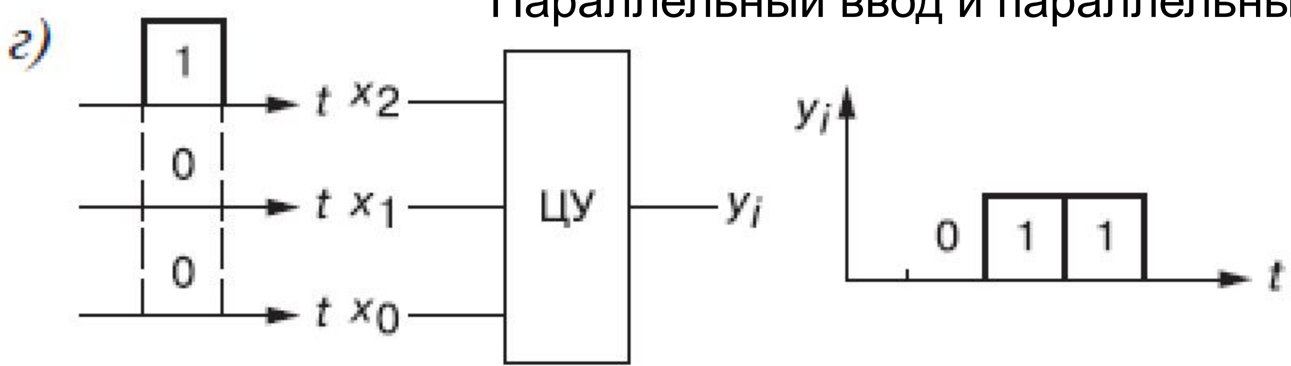
параллельное выполнение операций



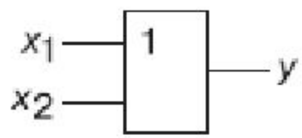
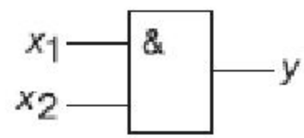
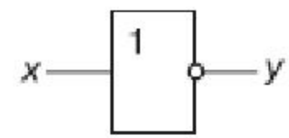
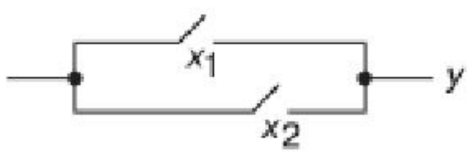
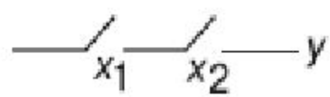
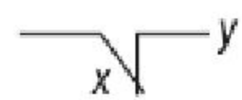
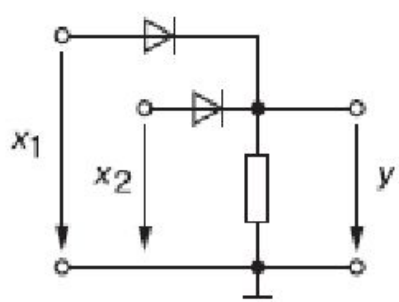
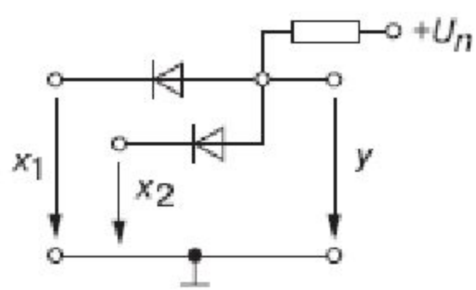
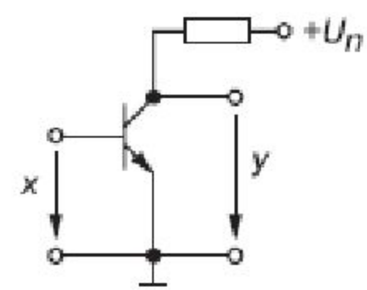
последовательный ввод и параллельный вывод



Параллельный ввод и параллельный вывод

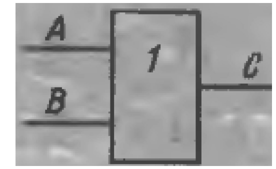


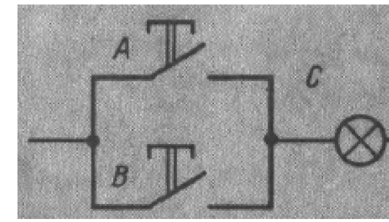
Формы отображения основных логических функций

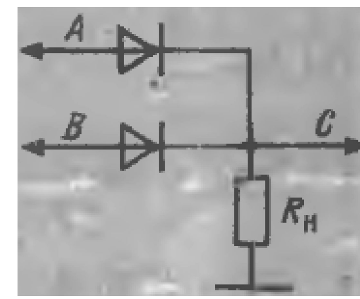
Наименование функции →	Дизъюнкция	Конъюнкция	Инверсия
Символическая	$\vee$ или $+$	$\wedge$ или $\cdot$	$\overline{x}$
Буквенная	ИЛИ	И	НЕ
Условная графическая			
Аналитическая	$y = x_1 \vee x_2 = x_1 + x_2$	$y = x_1 \wedge x_2 = x_1 x_2$	$y = \overline{x}$
Табличная (истинности)	x_1 x_2 y 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1	x_1 x_2 y 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1	x y 0 1 1 0
Контактная			
Схемо-техническая			

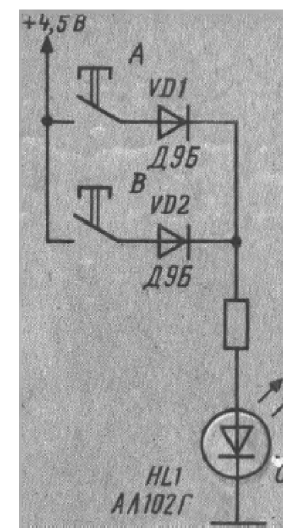
Логический элемент **<u>ИЛИ</u>** моделирует операцию **логического сложения**, или, как ее еще называют, операцию **дизъюнкции**. Алгебраически эта операция записывается следующим образом: $A+B=C$ или $A \vee B=C$. Буквами A и B обозначены простые высказывания, или двоичные переменные, буквой *C* — сложное высказывание, или переключательная функция. Последнее название показывает, что функция зависит от переключений переменных A и B. Если простые высказывания соединены союзом «или», то сложное высказывание истинно, если истинно хотя бы одно из простых высказываний. Соответственно, *C* должно равняться 1, если A или B равны 1 по отдельности или одновременно. Зависимость между двоичными переменными A и B и переключательной функцией *C* может быть задана в виде таблицы истинности, в ней написаны условия истинности сложного высказывания в зависимости от истинности простых высказываний.

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

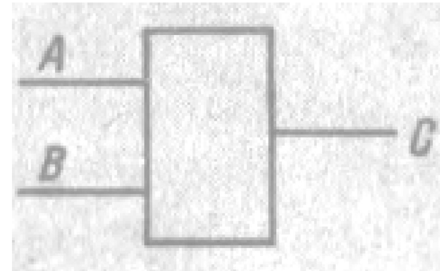




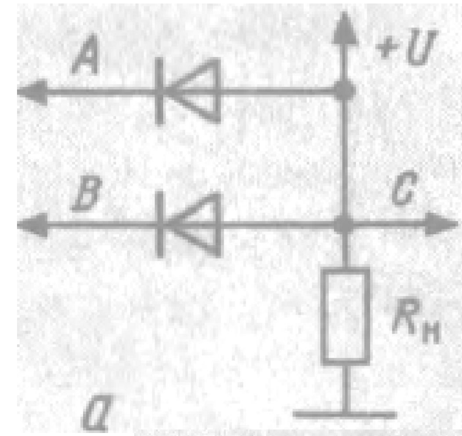


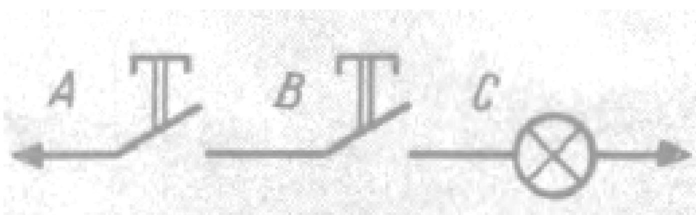


Логический элемент **И** выполняет операцию **логического умножения**, или **конъюнкции**. Алгебраически эта операция записывается следующим образом: $C=A*B$ или $C=A/\backslash B$, при этом C= 1 только в том случае, если А и В одновременно равны 1. Эти правила можно записать в виде следующей таблицы:

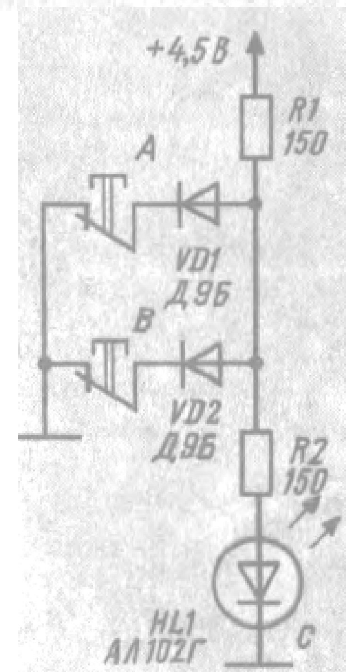


A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

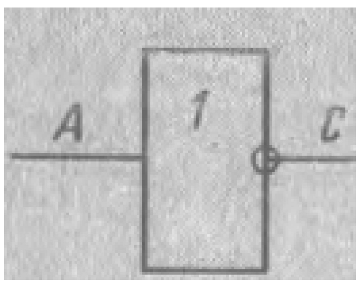




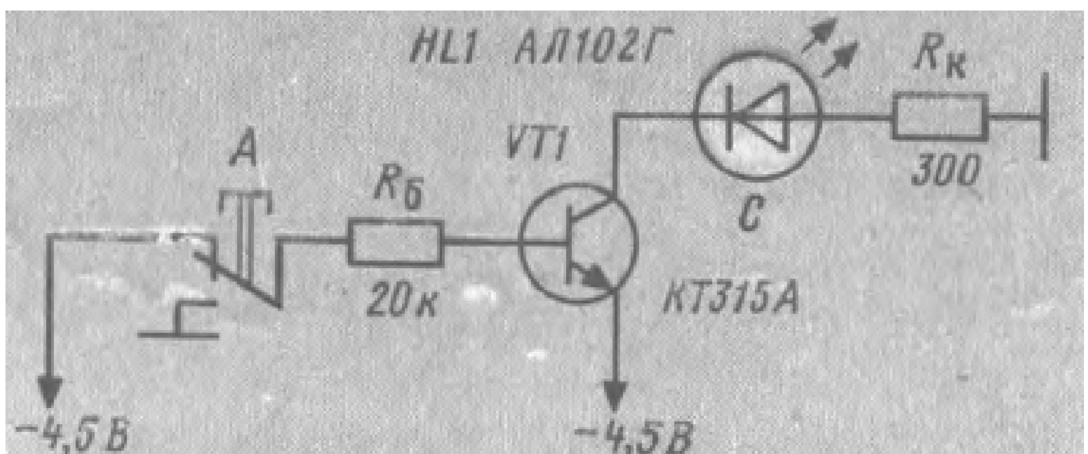
Сравнив таблицы истинности логических элементов И и ИЛИ, легко заметить, что из одной таблицы легко получить другую, если заменить единицы нулями и нули единицами.



Логический элемент **НЕ** выполняет операцию отрицания, или | **инверсии**, алгебраически она записывается следующим образом: I *C*=*A*, при этом на выходе будет сигнал 1, если на входе имеется I сигнал 0 и, наоборот, выходной сигнал равен 0 при входном сигна|ле 1. Работа элемента НЕ записывается в виде следующей таблицы:

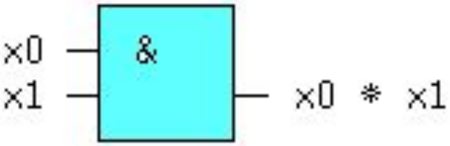


A	*C*
0	1
1	0

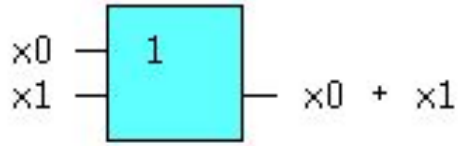


1.3 УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ НА СХЕМАХ

Функция F1 "И" (конъюнкция)

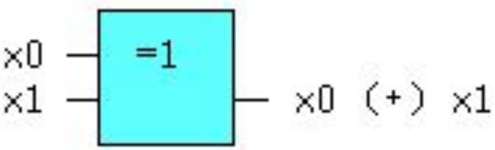


Функция F7 "ИЛИ" (дизъюнкция)

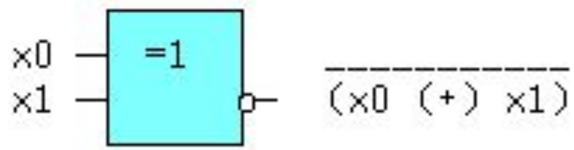


Функция F6 "ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ", называемая также для двух аргументов ф-ей "НЕ-РАВНОЗНАЧНОСТИ" или "СУММА ПО МОДУЛЮ ДВА" , имеет следующее схемное обозначение.Логическая операция (+) называется суммой по модулю два.

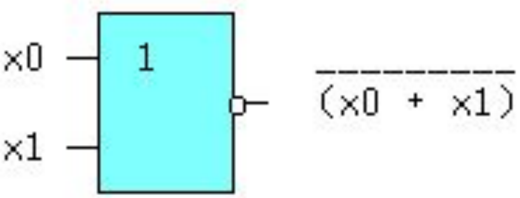
Функция F6 "ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ



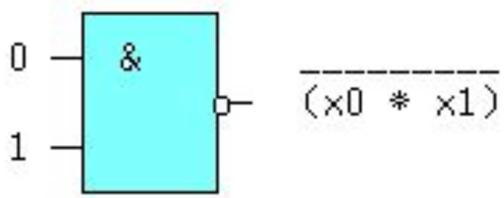
Функция F9 "ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ - НЕ"



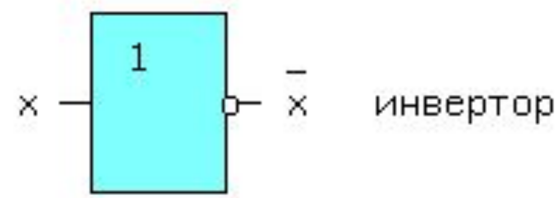
Функция F8 "ИЛИ - НЕ"



Функция F14 "И - НЕ" и



Функция F12 "НЕ" (инверсия)



Функция "И" равна единице, если равны единице ВСЕ ее аргументы. Функция "ИЛИ" равна единице, если равен единице ХОТЯ БЫ один аргумент. Функция "ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ" (XOR) равна единице, если равен единице ТОЛЬКО один ее аргумент.

Есть мужчины (М) и женщины (Ж)
у МЖ и ЖМ могут быть дети,
у ММ и ЖЖ нет!
Для двух значений результатом исключающего или будет единица, если начальные значения разные, и ноль, если одинкаовые:

Булевые (переключательные) функции бывают комбинационными и временными.

Комбинационными наз. функции, значение которых однозначно определяется значениями их аргументов. Комбинационные функции иногда называют ***функциями без памяти***, подчеркивая отсутствие в них свойства запоминания информации. Это означает, что после того, как изменение аргументов прекращается, тот факт, что они имели другое, чем в данный момент, значение уже не может влиять на формирование значения переключательной функции. Комбинационная функция «забывает» старые аргументы и может реагировать только на значения новых.

Схемы, реализующие комбинационные функции, называются комбинационными (КС).

Временными (функциями с памятью) наз. функции, значения которых определяются как значениями аргументов в данный момент времени, так и другими параметрами, прежде всего временем, поэтому при одних и тех же значениях аргументов значение временной функции может быть разным.

$$F = f(x_1, x_2, \ldots, x_n, t).$$

Временные функции делят на:

-- ***временные булевы функции*** (ВБФ) типа

Значение этой функции при одних и тех же значениях аргументов зависит от момента времени, т. е. в различные моменты времени реализуются различные комбинационные булевы функции;

-- ***рекуррентные булевы функции первого рода (РБФ-1)*** типа

$$F = f(x_{1t}, x_{2t}, \ldots, x_{nt}, F_{t-1}, F_{t-2}, \ldots, F_{t-r}).$$

--рекуррентные булевы функции второго рода (РБФ-2) типа

$$F = f[x_{1t}, x_{2t}, \ldots, x_{nt}, x_{1(t-1)}, x_{2(t-1)}, \ldots, x_{n(t-1)}; x_{1(t-k)}, x_{2(t-k)}, \ldots, x_{n(t-k)}].$$

В линии связи включены специальные перемычки, обозначенные на рис. 5.10, *б* короткими зигзагами. Эти перемычки выполняются из нихрома, кристаллического кремния и других материалов или в виде специальных *рп*переходов так, чтобы их можно было разрушать ("выжигать"), оставляя лишь те связи, которые нужны потре бителю ПЛМ. Причём разрушение ненужных легкоплавких перемычек может осуще ствлять и пользователь, подавая на соответствующие выводы корпуса ПЛМ импульсы тока определенной амплитуды и длительности.

Элементы ИЛИ, так же, как и элементы И, имеют на входах выжигаемые пере мычки, с помощью которых они подключены ко всем вертикальным шинам. После выжигания ненужных перемычек на этих входах элементов ИЛИ обеспечивается уровень логического нуля. Аналогичным образом программируют отсутствие или выполнение инвертирования выходов ИЛИ, соответственно пережигая или оставляя перемычки на верхних на рис. 5.10, *б* входах элементов М2.