

T1. Лекция 7.

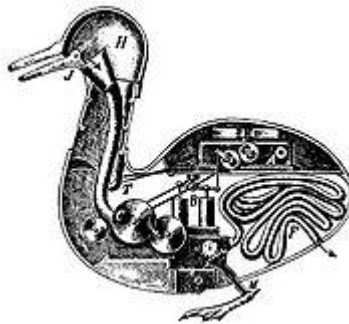
- **ПОНЯТИЕ О КОНЕЧНОМ АВТОМАТЕ.**
 - **СИНТЕЗ КОМБИНАЦИОННЫХ АВТОМАТОВ**

ТЕОРИЯ АВТОМАТОВ

- **Автомат**
- (греч. αὐτόματος — **самодействующий, самодвижущийся**)
- — **устройство, выполняющее определённые функции без помощи человека.**

ЧТО ТАКОЕ АВТОМАТ?

- **АВТОМАТ** – в средние века это механизм.
- Особенную известность приобрели в XVIII веке автоматы Вокансона из Гренобля, которые он показывал в Париже в 1738 г. (человек, игравший на флейте, на свирели, утка, принимавшая пищу), а также произведения мастеров Дро, отца и сына из Лашо-де-Фон в 1790 г.



Автоматоны Дро

Пьер Жаке Дро (1721—1790), известный пионер часового искусства, родился в 1721 году в городе Ла Шо-де-Фон и положил начало одной из самых престижных торговых марок.



АВТОМАТОНЫ

- Автоматоны Дро по праву считаются первыми компьютерами (?) в мире, настолько искусно они были выполнены. Где бы их ни показывали, они всегда производили сенсацию.
- Сегодня автоматоны можно увидеть в музее Истории и Искусства в Нёвшателе (Швейцария).
- Jaquet Droz (*Жакé Дро*) — марка швейцарских часов престижной категории

Автоматоны

- **Музыкант** — это девушка, играющая на органе и состоящая из 2500 деталей. Музыка не поддельная, она не записана и не проигрывается музыкальной шкатулкой: кукла в самом деле касается пальцами клавиш инструмента, изготовленного по специальному заказу и состоящего из 24 труб. Кукла даже «дышит» (можно увидеть, как двигается грудь), её глаза следят за тем, куда двигаются пальцы, и совершает некоторые движения, как настоящий музыкант.



ХУДОЖНИК

- **Художник** — это автоматон, созданный в 1773 году и состоящий из 2000 деталей. Он может рисовать три картинки: портрет Людовика XV и его собаку с надписью «Mon toutou» (*мой пёсик*), королевскую чету Марию Антуанетту и Людовика XVI, а так же сцену с Купидоном, управляющим колесницей, запряженной бабочками.
- Механизм состоит из системы кулачков, которые управляют движением руки в двух измерениях, а так же отвечают за подъем карандаша. Помимо этого, автоматон ёрзает на стуле и периодически сдувает пыль с карандаша.



Калиграф

- Калиграф — это самый сложный автоматон, завершённый в 1772 году и состоящий из 6000 деталей. Используя механизм, схожий с рисующим мальчиком, он может писать текст, состоящий из 40 букв. Текст закодирован на колесе и буквы выбираются последовательно друг за другом. Мальчик использует гусиное перо, которое он периодически макает в чернильницу, при этом встряхивает перо, чтобы предотвратить кляксы. Глаза автоматона двигаются вслед за текстом, и голова поворачивается к чернильнице, когда он макает в неё перо.



Автомáт-оружие

- Автомáт (от греч. αὐτόματος — самодействующий, самодвижущийся — русское название применительно к оружию) — ручное индивидуальное стрелковое автоматическое оружие, предназначенное для непрерывной или комбинированной стрельбы. В других странах этот тип оружия называют автоматическим карабином или штурмовой винтовкой (англ. *assault rifle*).



ТЕОРИЯ АВТОМАТОВ

- **ТЕОРИЯ АВТОМАТОВ - раздел дискретной математики и математической кибернетики, изучающий математические модели преобразователей дискретной информации, называемые автоматами.**
- **Таковыми преобразователями являются как реальные устройства (вычислительные машины, автоматы, живые организмы и т. д.), так и абстрактные системы (математические машины, аксиоматические теории и т.д.).**

Автоматизация

- **Автоматизация** — одно из направлений научно-технического прогресса, применение технических средств, методов и систем управления, освобождающих человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации, существенно уменьшающих степень этого участия или трудоемкость выполняемых операций.

Автоматизированные системы

- Требуется дополнительное применение датчиков (сенсоров), устройств ввода, управляющих устройств (контроллеров), исполнительных устройств, устройств вывода, использующих электронную технику и методы вычислений, иногда копирующие нервные и мыслительные функции человека.
- Наряду с термином автоматический, используется понятие **автоматизированный**, подчеркивающий относительно большую степень участия человека в процессе.

Автоматизация

- Автоматизация, за исключением простейших случаев, требует комплексного, системного подхода к решению задачи, поэтому решения стоящих перед автоматизацией задач обычно называются системами, например:
- система автоматического управления (САУ);
- система автоматизации проектных работ (САПР);
- автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП).

АСУ и САУ

- Системы управления разделяют на два больших класса:
- **Автоматизированные Системы Управления (АСУ) (с участием человека в контуре управления);**
- **Системы Автоматического Управления (САУ) (без участия человека в контуре управления).**

ACY

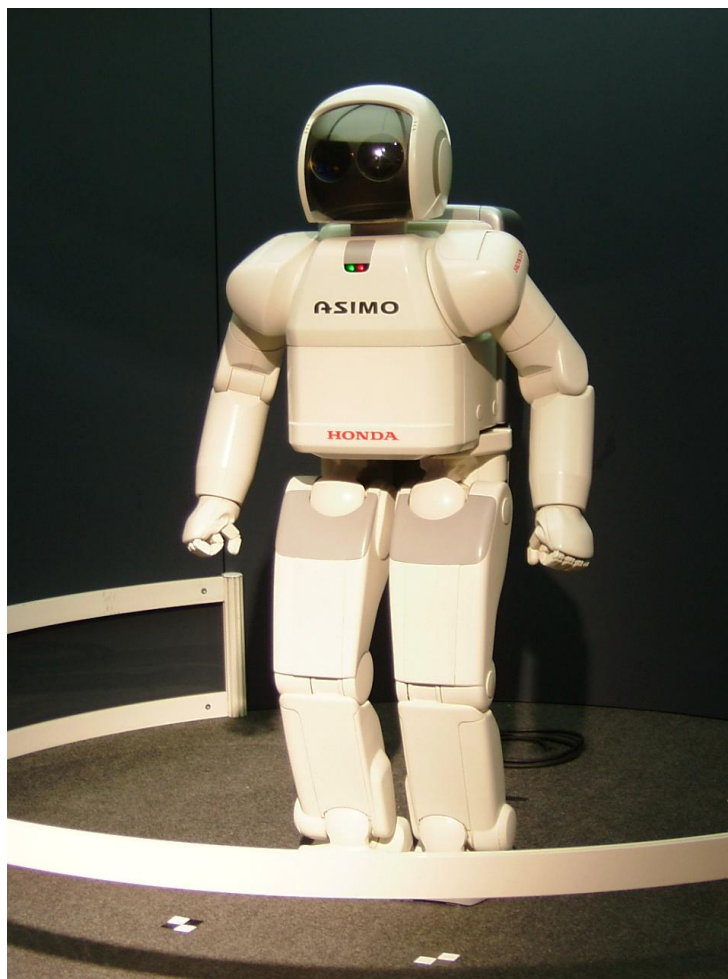


СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ



Робот-гуманоид ASIMO Робот-гуманоид ASIMO, производство Honda

- Робот



Космические аппараты



Военная техника

- Ракеты



Военная техника

- Тополь-М



Военная техника

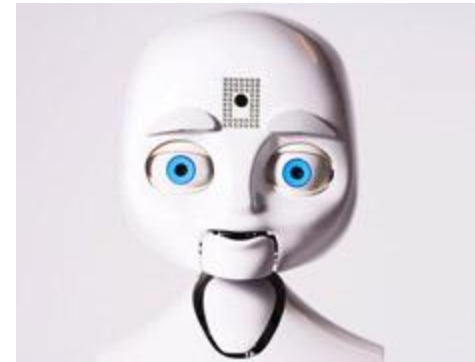


**Данный прототип показывает лишь примерный облик того
искусственного сердца, которое должно быть создано в
следующие четыре года тexasскими учёными**



Учёные взялись за дело всерьёз, и затянувшаяся пьеса "В ожидании искусственного интеллекта" не означает, что он совсем не придёт.

- роботы



Япония готовится принять на работу 3,5 миллиона роботов

- Роботы



1. ПОНЯТИЕ О КОНЕЧНОМ АВТОМАТЕ.

- Конечным автоматом (просто автоматом) называется система (пятерка): $S = \langle X, Y, Z, \phi, \psi \rangle$,
- в которой $X = \{x_1, x_2, \dots, x_i\}$ – конечное входное множество (входной алфавит); $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_j\}$ – конечное множество внутренних состояний автомата (алфавит состояний); $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_k\}$ – конечное выходное множество (выходной алфавит); ϕ – функция переходов (из состояния в другие состояния); ψ – функция выходов.

Функция переходов

- Функция переходов представляет собой отображение $\phi: X \times X \rightarrow Y$ или в другом виде:
 - $y(t+1) = \phi[x(t), y(t)]$,
- где $x(t)$, $y(t)$, $y(t+1)$ – конкретные символы алфавитов X и Y соответственно в моменты автоматного времени t , $t+1$ (в тактах t и $t+1$); $y(t)$ – называется текущим внутренним состоянием при соответствующем $x(t)$, а $y(t+1)$ – последующим внутренним состоянием.
- Иначе говоря, функция переходов определяет последующее состояние автомата по заданному текущему и входному символу.

ФУНКЦИЯ ВЫХОДОВ

- Функция выходов представляет собой отображение $\psi: X \times Y \rightarrow Z$ или в другом виде:
 - $z(t) = \psi[x(t), y(t)]$,
- где $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ – конкретные символы алфавитов X, Y, Z соответственно. Мы не будем особо выделять последующие значения $x(t+1)$ и $z(t+1)$, поэтому зависимость от t будем указывать только для внутреннего состояния, чтобы отделять $y(t)$ от $y(t+1)$.

Автоматы Мили и Мура

- Функция выходов: $z(t)=\psi[x(t),y(t)]$ – функция так называемого автомата Мили.
- В теории конечных автоматов рассматривается также автомат Мура, у которого функция выходов проще – ψ : или $z(t)=\psi[y(t)]$.

«Чёрный» ящик

- КДА



Таблицы переходов и выходов

- Поскольку функции ϕ и ψ определены на конечных множествах, их можно задавать таблицами. Обычно две таблицы сводят в одну таблицу $\phi \times \psi$: и называют таблицей переходов-выходов или просто таблицей переходов (автоматной таблицей).

Техническая интерпретация автоматов

- Конечный автомат представляет собой хотя и абстрактную, но с функциональной точки зрения довольно точную модель дискретного (цифрового) вычислительного или управляющего (контролирующего) устройства с конечным числом состояний.

Техническая интерпретация автоматов

- Входной символ (буква) – это входной сигнал, точнее комбинация (набор) сигналов на всех входах x_1, x_2, \dots, x_n (это не буквы алфавита X) устройства. Эта комбинация сигналов на дискретных входах еще называется входным вектором (набором) . Выходной сигнал (буква) – комбинация (набор) сигналов на дискретных выходах z_1, z_2, \dots, z_m (это не буквы алфавита Z) – выходной вектор (набор) .

Техническая интерпретация автоматов

- Входное слово – последовательность входных векторов, поступающих в дискретные моменты времени (такты) $t=1,2,3\dots$
- Состоянию автомата соответствует вектор – текущее, – последующее. Этот вектор задает комбинация (набор) состояний y_1, y_2, \dots, y_s (это не буквы алфавита Y) элементов памяти автомата.
- Выходное слово – последовательность выходных векторов в дискретные моменты времени.

2. Комбинационный автомат

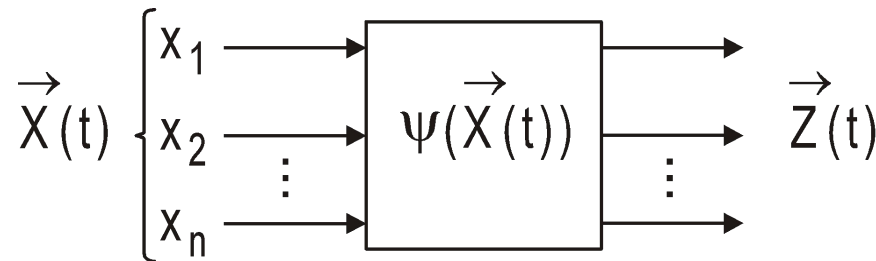
- Автомат называется комбинационным, если для любого входного символа x и любых состояний y_i, y_j значения функций f переходов одинаковы: $f(x, y_i) = f(x, y_j) = z$, где z – выходной символ. Иначе говоря, выходной символ z не зависит от состояния и определяется текущим входным символом. Говорят, что у такого частного класса автомата все состояния эквивалентны и, следовательно, комбинационный автомат имеет одно состояние.

Комбинационный автомат

- Такой автомат задается тройкой:
 - $S = \langle X, Z, \psi \rangle$,
- где X – множество входных символов, Z – множество выходных символов, ψ – функция выхода.
- Комбинационные автоматы являются преобразователями информации без памяти и описываются переключательными функциями выходов.

Комбинационный автомат

- Комбинационный автомат интерпретируется некоторой переключательной схемой или схемой из функциональных элементов:



3. Задачи теории конечных автоматов

- **Задачами теории конечных автоматов являются:**
- **1) изучение возможностей автоматов в терминах множеств слов, с которыми они работают (распознавание входных последовательностей – слов), формирование требуемых выходных, т.е. автоматных отображений;**
- **2) распознавание различных свойств автоматов;**
- **3) описание автоматов (анализ) и их реализация, т.е. представление автомата как структуры, состоящей из объектов фиксированной сложности (синтез).**

Синтез автоматов

- При синтезе автоматов выделяют следующие этапы:
- 1) абстрактный синтез, или формализация условий работы, когда от некоторого высокоуровневого описания автомата (например, на естественном языке – в виде словесной формулировки) переходят к математической модели. Такой моделью может быть таблица истинности для комбинационного автомата, таблица переходов-выходов для последовательностного автомата. В свою очередь по этим моделям получают переключательные функции в символической форме;

Синтез автоматов

- **2) структурный синтез – производится минимизация переключательных функций, описывающих автомат, выполняется их представление в виде, соответствующем заданному базису реализации.**
- **Эти два этапа называют логическим проектированием. Их результатом является функциональная схема автомата (например, функциональная электрическая схема);**

Синтез автоматов

- **3) физический синтез – решаются вопросы построения принципиальной схемы (например, принципиальной электрической схемы), создания топологии кристалла микросхемы, обеспечения надежности, помехоустойчивости и в дальнейшем изготовления автомата.**

Абстрактный синтез

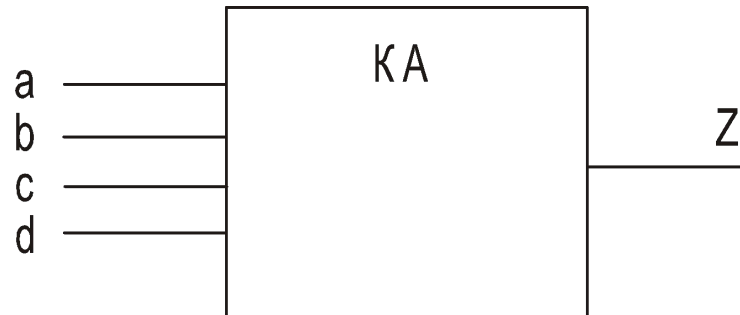
- На этапе абстрактного синтеза осуществляется формализация условий работы, когда от некоторого высокоуровневого описания автомата (например, на естественном языке – в виде словесной формулировки) переходят к математической модели. Такой моделью может быть таблица истинности комбинационного автомата. В свою очередь по этим моделям получают переключательные функции в символической форме.

4. Пример абстрактного синтеза КА

- Выполнить абстрактный синтез автомата по следующей словесной формулировке:
- «Автомат имеет входы $abcd$ и выход z , который активируется (включается):
- 1) при отсутствии или неодновременном поступлении сигналов на каналы a и b – тогда, когда отсутствуют или поступают не одновременно сигналы на каналы c и d ;
- 2) при одновременном поступлении сигналов на каналы a и b – тогда, когда не поступает сигнал на канал d .
- В остальных случаях выход z не активируется (не включается)».

Пример абстрактного синтеза КА

- Из формулировки ясно, что автомат имеет четыре входа и один выход



Пример абстрактного синтеза

КА

- Строим соответствующую таблицу истинности
- 1) при отсутствии или неодновременном поступлении сигналов на каналы a и b – тогда, когда отсутствуют или поступают не одновременно сигналы на каналы c и d;
- 2) при одновременном поступлении сигналов на каналы a и b – тогда, когда не поступает сигнал на канал d.

a	b	c	d	BC	f(abcd)
0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	2	1
0	0	1	1	3	0
0	1	0	0	4	1
0	1	0	1	5	1
0	1	1	0	6	1
0	1	1	1	7	0
1	0	0	0	8	1
1	0	0	1	9	1
1	0	1	0	10	1
1	0	1	1	11	0
1	1	0	0	12	1
1	1	0	1	13	0
1	1	1	0	14	1
1	1	1	1	15	0

Пример абстрактного синтеза КА

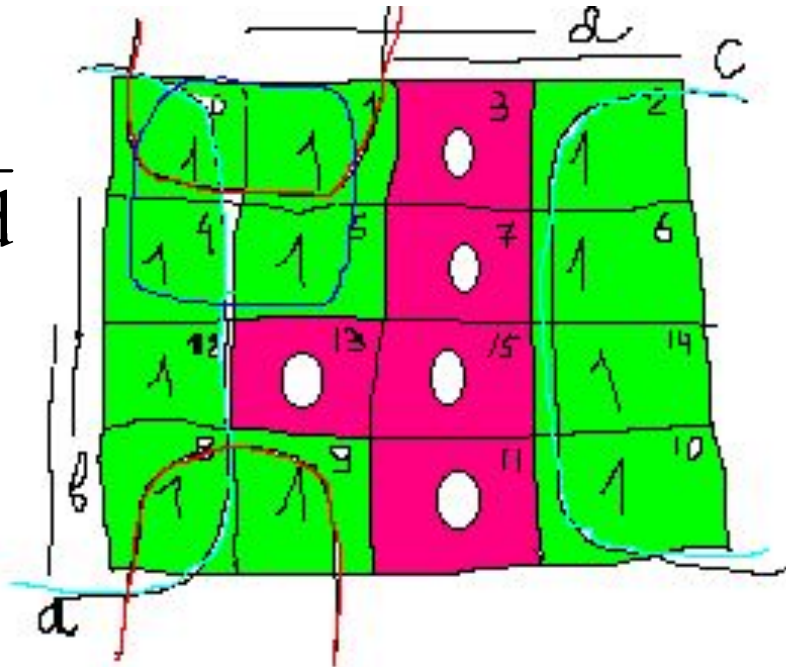
- Получаем символическую форму требуемой ПФ:
- $f(abcd)=0,1,2,4,5,6,8,9,10,12,14$
[3,7,11,13,15].
- Абстрактный синтез завершён.

a	b	c	d	BC	f(abcd)
0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	2	1
0	0	1	1	3	0
0	1	0	0	4	1
0	1	0	1	5	1
0	1	1	0	6	1
0	1	1	1	7	0
1	0	0	0	8	1
1	0	0	1	9	1
1	0	1	0	10	1
1	0	1	1	11	0
1	1	0	0	12	1
1	1	0	1	13	0
1	1	1	0	14	1
1	1	1	1	15	0

5. Структурный синтез КА

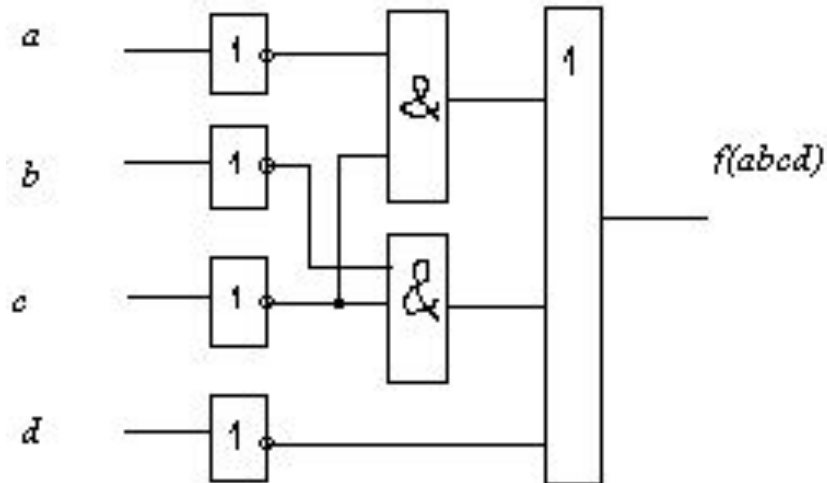
- Минимизация

$$f(abcd) = \overline{a}c \vee \overline{b}c \vee \overline{d}$$



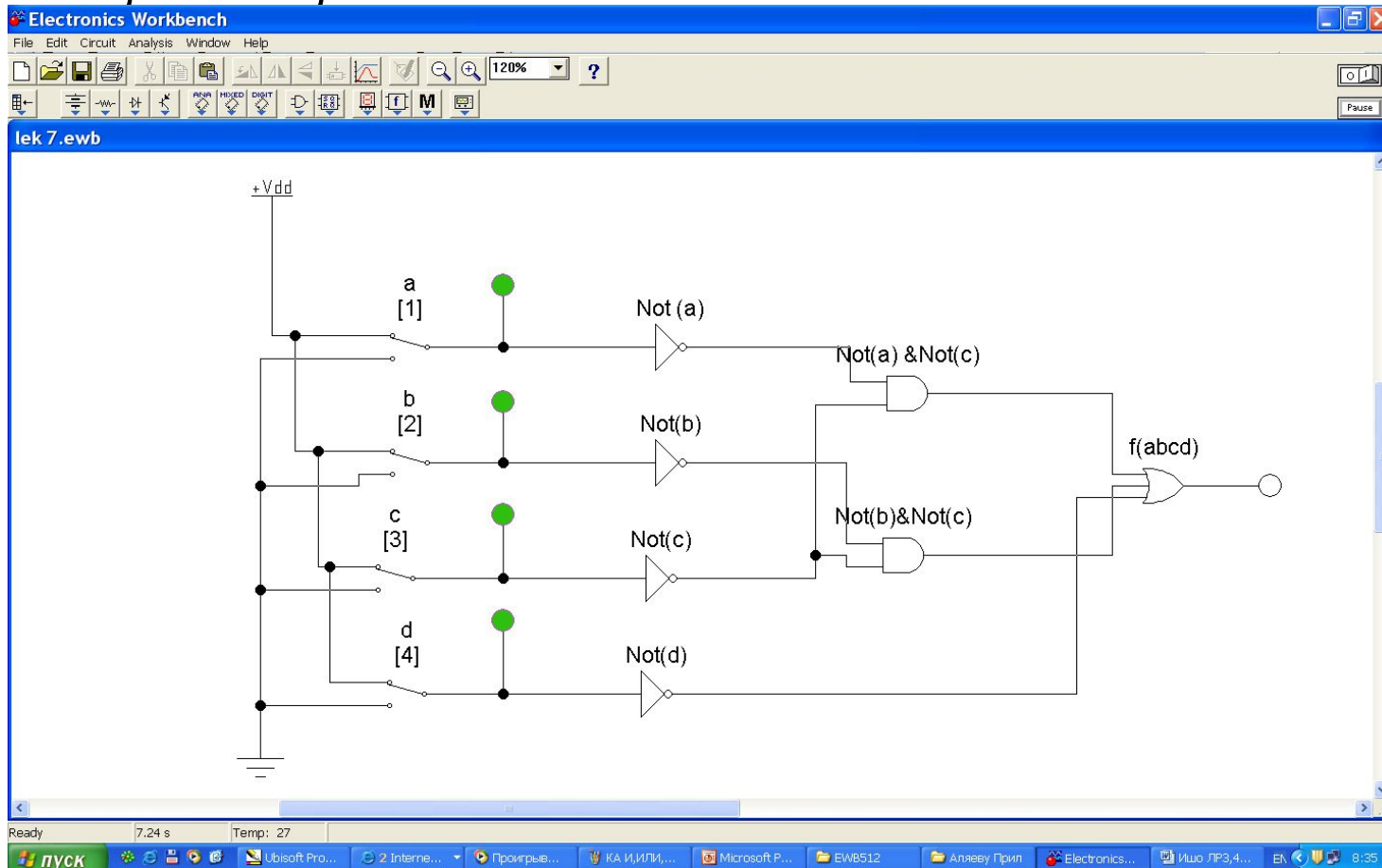
Получение схемы

- И, ИЛИ, НЕ



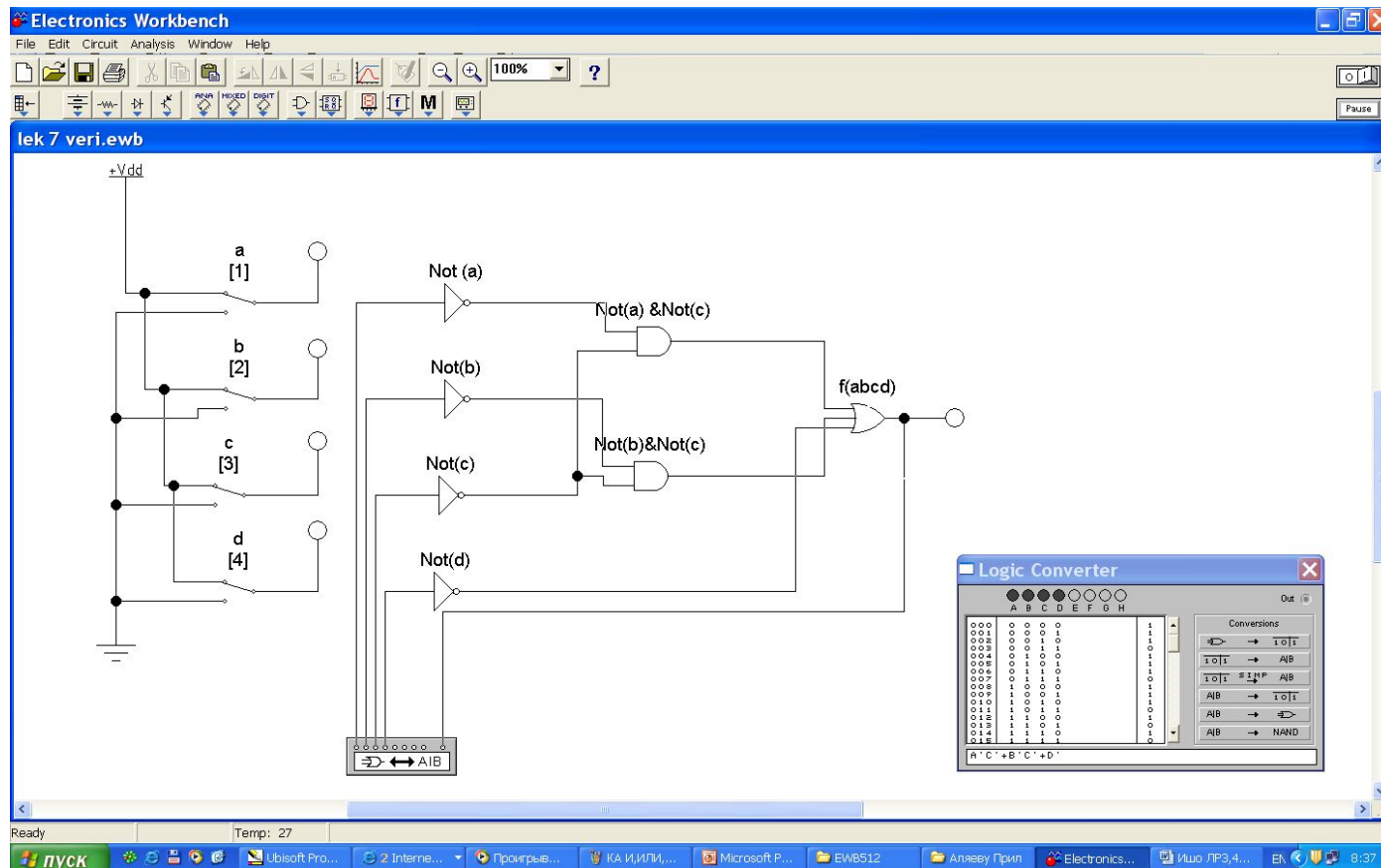
Моделирование в Electronics Workbench

- И, ИЛИ, НЕ



Верификация проекта:

- Используем логический конвертер:



Минимизация ПФ с помощью логического конвертора:

The screenshot shows a software window titled "Logic Converter". At the top, there are eight indicator lights labeled A through H, with A, B, C, and D being lit. Below the lights is a truth table with 16 rows (0000 to 0111) and 5 columns (A, B, C, D, and Out). The "Out" column contains the values 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0. To the right of the truth table is a "Conversions" panel with several buttons for logical operations: \Rightarrow , $\overline{A|B}$, $\overline{A|B} \xrightarrow{\text{SIMP}} A|B$, $A|B \rightarrow \overline{A|B}$, $A|B \rightarrow \Rightarrow$, and $A|B \rightarrow \text{NAND}$. At the bottom of the window, the minimized Boolean expression $A' C' + B' C' + D'$ is displayed.

	A	B	C	D	Out
0000	0	0	0	0	1
0001	0	0	0	1	1
0002	0	0	1	0	1
0003	0	0	1	1	0
0004	0	1	0	0	1
0005	0	1	0	1	1
0006	0	1	1	0	1
0007	0	1	1	1	0
0008	1	0	0	0	1
0009	1	0	0	1	1
0010	1	0	1	0	1
0011	1	0	1	1	0
0012	1	1	0	0	1
0013	1	1	0	1	0
0014	1	1	1	0	1
0015	1	1	1	1	0

Conversions

- \Rightarrow $\rightarrow \overline{A|B}$
- $\overline{A|B}$ $\rightarrow A|B$
- $\overline{A|B} \xrightarrow{\text{SIMP}} A|B$
- $A|B \rightarrow \overline{A|B}$
- $A|B \rightarrow \Rightarrow$
- $A|B \rightarrow \text{NAND}$

$A' C' + B' C' + D'$

Генерация схемы И,ИЛИ,НЕ

The screenshot displays the Electronics Workbench interface with a logic circuit diagram. The circuit implements the function $f(abcd) = A'B'C + A'B'D + A'BC'D + A'BC'D'$. It features four input switches labeled a [1], b [2], c [3], and d [4], connected to a +Vdd supply and ground. The circuit includes four NOT gates (Not(a), Not(b), Not(c), Not(d)), two AND gates (Not(a)&Not(c) and Not(b)&Not(c)), and two OR gates (f(abcd) and a final output OR gate). A Logic Converter window is open, showing the truth table and the resulting logic expression $A'B'C + B'C'D + D'$.

A	B	C	D	f(A,B,C,D)
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

Logic Converter Conversions:

- \rightarrow \rightarrow I O I I
- I O I I \rightarrow A B
- I O I I \rightarrow I I I I A B
- A B \rightarrow I O I I
- A B \rightarrow I O I I
- A B \rightarrow NAND

Logic Expression: $A'B'C + B'C'D + D'$

Генерация схемы И-НЕ

The screenshot displays the Electronics Workbench interface. The main workspace shows a logic circuit with two switches, 'c' [3] and 'd' [4], connected to a breadboard-style component labeled 'AIB'. The circuit includes NOT gates for 'Not(c)' and 'Not(d)', an AND gate labeled 'Not(b)&Not(c)', and a final NAND gate. A secondary circuit below shows a truth table implementation using four NOT gates and three AND gates.

The 'Logic Converter' window is open, showing a truth table with columns A, B, C, D, E, F, G, H and an 'Out' column. The output expression is $A'B'C + B'C'D$.

A	B	C	D	E	F	G	H	Out	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	1	0	
0	0	0	0	0	0	1	0	0	
0	0	0	0	0	0	1	1	0	
0	0	0	0	0	1	0	0	0	
0	0	0	0	0	1	0	1	0	
0	0	0	0	0	1	1	1	0	
0	0	0	0	1	0	0	0	0	
0	0	0	0	1	0	0	1	0	
0	0	0	0	1	0	1	0	0	
0	0	0	0	1	0	1	1	0	
0	0	0	1	0	0	0	0	0	
0	0	0	1	0	0	0	1	0	
0	0	0	1	0	0	1	0	0	
0	0	0	1	0	0	1	1	0	
0	0	1	0	0	0	0	0	0	
0	0	1	0	0	0	0	1	0	
0	0	1	0	0	0	1	0	0	
0	0	1	0	0	0	1	1	0	
0	0	1	0	1	0	0	0	0	
0	0	1	0	1	0	0	1	0	
0	0	1	0	1	0	1	0	0	
0	0	1	0	1	0	1	1	0	
0	0	1	1	0	0	0	0	0	
0	0	1	1	0	0	0	1	0	
0	0	1	1	0	0	1	0	0	
0	0	1	1	0	0	1	1	0	
0	0	1	1	1	0	0	0	0	
0	0	1	1	1	0	0	1	0	
0	0	1	1	1	0	1	0	0	
0	0	1	1	1	0	1	1	0	
0	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	0	0	0	0	0	1	0	
0	1	0	0	0	0	1	0	0	
0	1	0	0	0	0	1	1	0	
0	1	0	0	1	0	0	0	0	
0	1	0	0	1	0	0	1	0	
0	1	0	0	1	0	1	0	0	
0	1	0	0	1	0	1	1	0	
0	1	0	1	0	0	0	0	0	
0	1	0	1	0	0	0	1	0	
0	1	0	1	0	0	1	0	0	
0	1	0	1	0	0	1	1	0	
0	1	0	1	1	0	0	0	0	
0	1	0	1	1	0	0	1	0	
0	1	0	1	1	0	1	0	0	
0	1	0	1	1	0	1	1	0	
0	1	1	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	0	0	0	0	1	0	
0	1	1	0	0	0	1	0	0	
0	1	1	0	0	0	1	1	0	
0	1	1	0	1	0	0	0	0	
0	1	1	0	1	0	0	1	0	
0	1	1	0	1	0	1	0	0	
0	1	1	0	1	0	1	1	0	
0	1	1	1	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	0	0	0	1	0	
0	1	1	1	0	0	1	0	0	
0	1	1	1	0	0	1	1	0	
0	1	1	1	1	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	0	0	1	0	
0	1	1	1	1	0	1	0	0	
0	1	1	1	1	0	1	1	0	
0	1	1	1	1	1	0	0	0	
0	1	1	1	1	1	0	1	0	
0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	1	0	
1	0	0	0	0	0	1	0	0	
1	0	0	0	0	0	1	1	0	
1	0	0	0	1	0	0	0	0	
1	0	0	0	1	0	0	1	0	
1	0	0	0	1	0	1	0	0	
1	0	0	0	1	0	1	1	0	
1	0	0	1	0	0	0	0	0	
1	0	0	1	0	0	0	1	0	
1	0	0	1	0	0	1	0	0	
1	0	0	1	0	0	1	1	0	
1	0	0	1	1	0	0	0	0	
1	0	0	1	1	0	0	1	0	
1	0	0	1	1	0	1	0	0	
1	0	0	1	1	0	1	1	0	
1	0	1	0	0	0	0	0	0	
1	0	1	0	0	0	0	1	0	
1	0	1	0	0	0	1	0	0	
1	0	1	0	0	0	1	1	0	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	
1	0	1	0	1	0	0	1	0	
1	0	1	0	1	0	1	0	0	
1	0	1	0	1	0	1	1	0	
1	0	1	1	0	0	0	0	0	
1	0	1	1	0	0	0	1	0	
1	0	1	1	0	0	1	0	0	
1	0	1	1	0	0	1	1	0	
1	0	1	1	1	0	0	0	0	
1	0	1	1	1	0	0	1	0	
1	0	1	1	1	0	1	0	0	
1	0	1	1	1	0	1	1	0	
1	0	1	1	1	1	0	0	0	
1	0	1	1	1	1	0	1	0	
1	0	1	1	1	1	0	1	1	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	
1	1	0	0	0	0	0	1	0	
1	1	0	0	0	0	1	0	0	
1	1	0	0	0	0	1	1	0	
1	1	0	0	1	0	0	0	0	
1	1	0	0	1	0	0	1	0	
1	1	0	0	1	0	1	0	0	
1	1	0	0	1	0	1	1	0	
1	1	0	1	0	0	0	0	0	
1	1	0	1	0	0	0	1	0	
1	1	0	1	0	0	1	0	0	
1	1	0	1	0	0	1	1	0	
1	1	0	1	1	0	0	0	0	
1	1	0	1	1	0	0	1	0	
1	1	0	1	1	0	1	0	0	
1	1	0	1	1	0	1	1	0	
1	1	1	0	0	0	0	0	0	
1	1	1	0	0	0	0	1	0	
1	1	1	0	0	0	1	0	0	
1	1	1	0	0	0	1	1	0	
1	1	1	0	1	0	0	0	0	
1	1	1	0	1	0	0	1	0	
1	1	1	0	1	0	1	0	0	
1	1	1	0	1	0	1	1	0	
1	1	1	1	0	0	0	0	0	
1	1	1	1	0	0	0	1	0	
1	1	1	1	0	0	1	0	0	
1	1	1	1	0	0	1	1	0	
1	1	1	1	1	0	0	0	0	
1	1	1	1	1	0	0	1	0	
1	1	1	1	1	0	1	0	0	
1	1	1	1	1	0	1	1	0	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	0	1	0	
1	1	1	1	1	1	0	1	1	0