

Компьютерная логика

Лектор: Сергеев Георгий Георгиевич

Ассистенты: Шалимова Елена Михайловна

Владимирова Елена Сергеевна



Лекция 1. Компьютерная логика

Введение. Предмет и задачи дисциплины.
Математические и технические основы
функционирования логических элементов



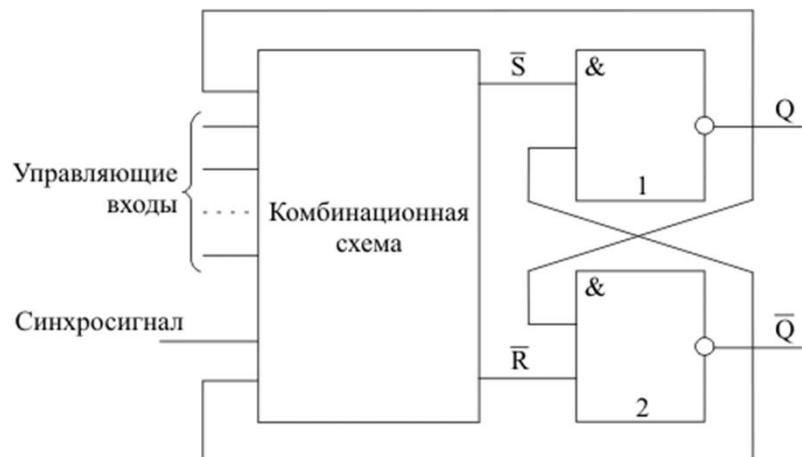
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ КОМПЬЮТЕРНАЯ ЛОГИКА

Объем учебной нагрузки

Заочная	Дневная	Форма обучения	Лекции (час)										
			Курс	Семестр	Практические занятия (час)	Лабораторные занятия (час)	Аудиторные занятия (час)	Самостоят. работа (час)	Общий объем (час)	Реферат, РГЗ,	Курс. проект	Зачеты(сем.)	Экзамен (сем.)
	1	2	54	36	36	18	108	54	162				
	2	3	36	18	-	-	54	36	90				
	2	4	-	18	-	-	18	18	36	4			
	2	3	8	-	-	-	8	-	-		3		
	2	4	10	2	-	-	12	136	148			4	
	3	5	6	2	-	-	8	132	140	5			

Цель и задачи дисциплины

- Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с базовыми принципами построения логических моделей вычислительных систем.
- Задачей дисциплины является изучение принципов действия, методов анализа и синтеза логических комбинационных схем, конечных цифровых автоматов, а также формирование у них умений и навыков расчета и проектирования специализированных процессоров с учетом заданных условий.



XILINX®

ALTERA®



Студент должен знать:

- - математические, технические и лингвистические методы описания моделей узлов вычислительных систем;
- методы синтеза двухуровневых и многоуровневых комбинационных схем в заданном базисе ;
- методы анализа логических схем;
- методы моделирования логических схем;
- методы тестирования логических схем;
- канонические методы построения синхронных цифровых автоматов;
- методы описания моделей конечных автоматов на языках VHDL и Verilog ;
- базовые принципы построения операционных и управляемых автоматов;
- системы счисления;
- методы синтеза операционных устройств для заданной системы счисления;
- современные системы автоматизированного проектирования логических узлов на кристалле;

Содержание дисциплины

Содержание дисциплины «Компьютерная логика» - комбинационная логика;

- секвенциальная логика;
- тестирование и диагностика дискретных устройств;
- системы счисления, операции над данными;
- управляющие и операционные автоматы.

ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА

Інформаційні основи комп'ютерної техніки .

Алгебри перемикальних функцій.

Методи мінімізації перемикальних функцій.

Синтез комбінаційних схем у різних елементних базисах.

Основи теорії цифрових автоматів з пам'яттю.

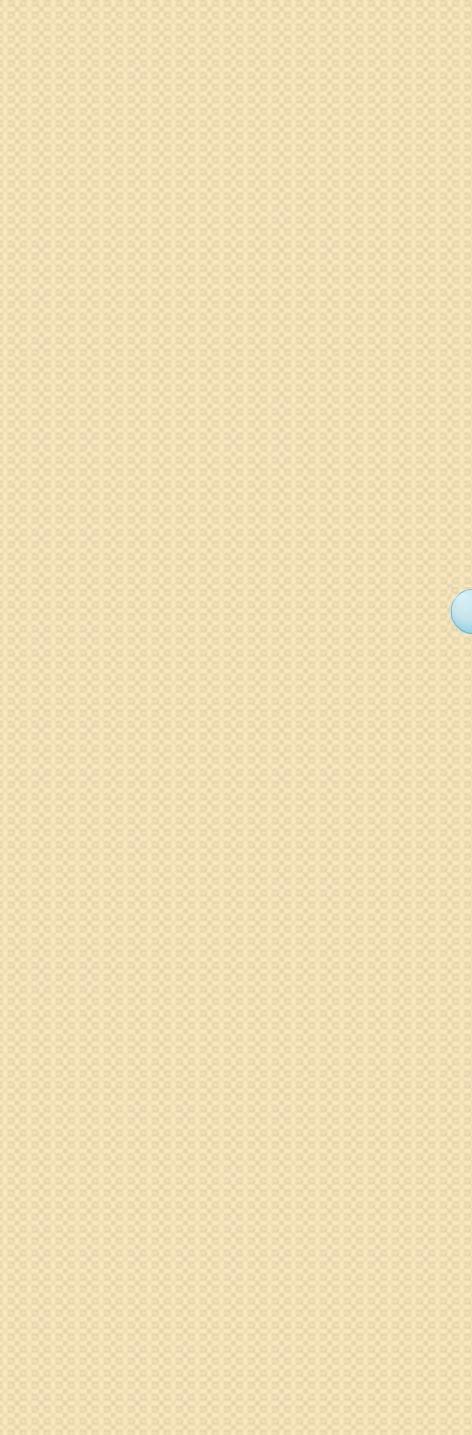
Методи синтезу цифрових автоматів з пам'яттю.

Аналіз логічних схем та динамічних процесів в цифрових автоматах.

Типові цифрові схеми комп'ютерів

Основная и дополнительная литература

№	Наименование учебника	Колич. экз. в библ.
Основная литература		
1	Закревский, А. Д. Логические основы проектирования дискретных устройств / А. Д. Закревский, Ю. В. Поттосин, Л. Д. Черемисинова. - М. : Физматлит, 2007. - 592 с.	4
2	Бибило, П. Н. VHDL. Эффективное использование при проектировании цифровых систем / П. Н. Бибило, Н. А. Авдеев. - М. : СОЛООН - Пресс, 2006. - 344 с..	1
3	Точки, Р. Дж. Цифровые системы : теория и практика : пер. с англ. / Р. Дж. Точки, Н. С. Уидмер. - 8-е изд. - М. ; СПб. ; К. : Вильямс, 2004.	4
Дополнительная литература		
1.	http://www.george-sergeev.info	
2.	Каршенбойм И. Г. Краткий курс HDL. Часть 5. Написание кода, независимого от аппаратной платформы // Компоненты и технологии. — 2008. — № 4. — С. 138—148	
3.	Поляков А. К. Языки VHDL и Verilog в проектировании цифровой аппаратуры . — Москва: Солон-Пресс, 2003. — 320с	5



- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И
ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
КОМПЬЮТЕРНОЙ ЛОГИКИ



Понятие логики

- Логика - это наука о законах и формах мышления.
- Логика (др.-греч. λογική — раздел философии, «наука о правильном мышлении», «искусство рассуждения» от λόγος — «речь», «рассуждение», «мысль») — наука о формах, методах и законах интеллектуальной познавательной деятельности, формализуемых с помощью логического языка. Поскольку это знание получено разумом, логика также определяется как наука о формах и законах правильного мышления.
- Слово «логика» используется также в значениях «внутренняя закономерность, присущая тем или иным явлениям» или «правильный, разумный ход рассуждений»[3]. В частности этим словом могут называться следующие вещи:
 - 1) процесс мышления — если говорится о логичном и нелогичном мышлении, имеется в виду его логичность.
 - 2) В электронике — электронные логические схемы.



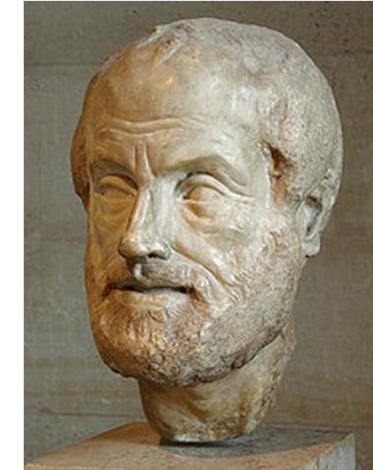
История логики

- Хотя многие культуры выработали сложные системы рассуждения, логика как эксплицитный анализ методов рассуждения получила основательное развитие изначально только в трёх традициях: в китайской, индийской и греческой.
- Хотя точные даты не слишком достоверны (особенно в случае Индии), скорее всего, логика возникла во всех трёх культурах в IV веке до н. э.
- Современная логика, разработанная формально изощрённо, происходит в конечном счёте из греческой традиции (аристотелевской логики), которая, однако, была воспринята не напрямую, а при посредничестве и комментаторской деятельности арабо-мусульманских философов и средневековых европейских логиков.



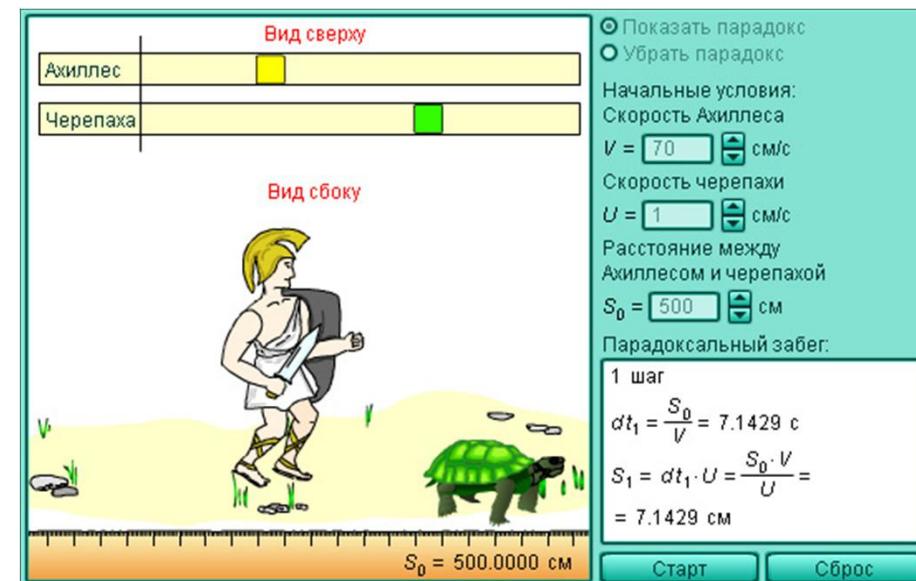
Древнегреческая логика

- Основателем логики в древнегреческой философии считается древнегреческий философ Аристотель, так как полагается, что он вывел первую логическую теорию. Предшественниками Аристотеля в развитии логической науки в Древней Греции были Parmenides, Zenon Eleatic, Sokrat и Platon.
- Аристотель впервые систематизировал доступные знания о логике, обосновал формы и правила логического мышления.
- После Аристотеля в Древней Греции логика также разрабатывалась представителями школы стоиков.



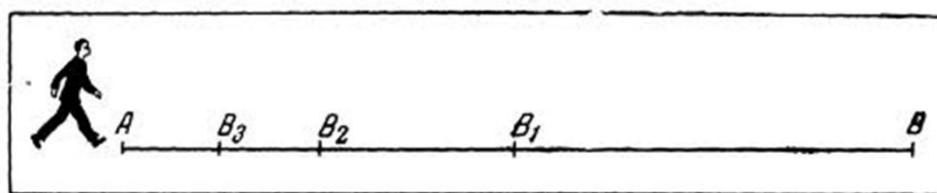
Парадокс: Ахиллес и черепаха

- Допустим, Ахиллес бежит в десять раз быстрее, чем черепаха, и находится позади неё на расстоянии в тысячу шагов. За то время, за которое Ахиллес пробежит это расстояние, черепаха в ту же сторону проползёт сто шагов.
- Когда Ахиллес пробежит сто шагов, черепаха проползёт ещё десять шагов, и так далее. Процесс будет продолжаться до бесконечности, Ахиллес так никогда и не догонит черепаху



Парадокс: Дихотомия

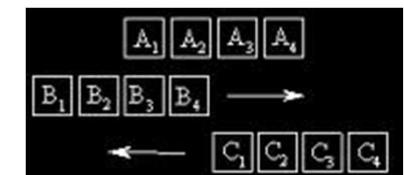
- Чтобы преодолеть путь, нужно сначала преодолеть половину пути, а чтобы преодолеть половину пути, нужно сначала преодолеть половину половины, и так до бесконечности.



$$1 > \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{124} \dots$$

Парадоксы Стрела и Стадион

- Летящая стрела неподвижна, так как в каждый момент времени она занимает равное себе положение, то есть покоится; поскольку она покоится в каждый момент времени, то она покоится во все моменты времени, то есть не существует момента времени, в котором стрела совершает движение.
- Пусть по стадиону движутся по параллельным прямым равные массы с равной скоростью, но в противоположных направлениях. Пусть ряд A₁, A₂, A₃, A₄ обозначает неподвижные массы, ряд B₁, B₂, B₃, B₄ — массы, движущиеся вправо, а ряд Г₁, Г₂, Г₃, Г₄ — массы, движущиеся влево. Будем теперь рассматривать массы A_i, B_i, Г_i как неделимые. В неделимый момент времени B_i и Г_i проходят неделимую часть пространства. Действительно, если бы в неделимый момент времени некоторое тело проходило бы более одной неделимой части пространства, то неделимый момент времени был бы делим, если же меньше, то можно было бы разделить неделимую часть пространства.
- Рассмотрим теперь движение неделимых B_i и Г_i друг относительно друга: за два неделимых момента времени B_i пройдёт две неделимые части A_i и одновременно отсчитает четыре неделимые части Г_i, то есть неделимый момент времени окажется делимым..



Логика Аристотеля

- Самое важное место в работах Аристотеля в области логики занимает учение о силлогизме. Силлогизм есть доказательство, состоящее из трех частей: большая посылка, меньшая посылка и заключение. Имеется несколько модусов силлогизма, каждому из которых схоласти присвоили название.

Barbara: Все животные смертны. Все люди — животные. Все люди смертны.	Celarent: Ни одна рептилия не имеет меха. Все змеи — рептилии. Ни одна змея не имеет меха.
Cesare: Ни одна здоровая еда не полнит. Все торты полнят. Ни один торт не здоровая еда.	Camestres: Все лошади имеют вздутие живота. Ни один человек не имеет вздутия живота. Ни один человек не лошадь.
Festino: Ни один ленивый человек не сдаёт экзамены. Некоторые студенты сдают экзамены. Некоторые студенты не ленивы.	Baroco: Все информативные вещи полезны. Некоторые сайты не полезны. Некоторые сайты не информативны.



Алгебра логики

- Алгебра логики (алгебра высказываний) — раздел математической логики, в котором изучаются логические операции над высказываниями. Чаще всего предполагается (т. н. бинарная или двоичная логика, в отличие от, например, троичной логики), что высказывания могут быть только истинными или ложными.
- Базовыми элементами, которыми оперирует алгебра логики, являются высказывания. Высказывания строятся над множеством $\{B, \dots, 0, 1\}$, где B — непустое множество, над элементами которого определены три операции:
 - \neg отрицание (унарная операция),
 - \wedge конъюнкция (бинарная),
 - \vee дизъюнкция (бинарная),
- а также константы — логический ноль и логическая единица

Алгебра логики

- Аксиомы

1. $\bar{\bar{x}} = x$
2. $x + \bar{x} = 1$
3. $x + 1 = 1;$
4. $x + x = x;$
5. $x + 0 = x;$
6. $x * \bar{x} = 0$
7. $x * x = x;$
8. $x * 0 = 0;$
9. $x * 1 = x;$

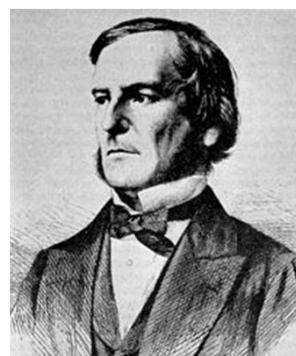
- Свойства лог. опер.

1. Коммутативность: $xy = yx$, $\circ \in \{\&, \vee, \oplus, \sim, |, \downarrow\}$.
2. Идемпотентность: $xx = x$, $\circ \in \{\&, \vee\}$.
3. Ассоциативность: $(xy)oz = xo(yoz)$, $\circ \in \{\&, \vee, \oplus, \sim\}$.
4. Дистрибутивность конъюнкций и дизъюнкций относительно дизъюнкции, конъюнкций и суммы по модулю два соответственно
 - $x * (y + z) = x * y + x * z,$
 - $x + y * z = (x + y) * (x + z),$
 - $x * (y \oplus z) = x * y \oplus x * z.$
5. Законы де Моргана:
 - $\overline{x * y} = \bar{x} + \bar{y},$
 - $\overline{x + y} = \bar{x} * \bar{y}.$
6. Законы поглощения:
 - $x * (x + y) = x,$
 - $x + x * y = x.$

Булева алгебра

- Булевой алгеброй называется непустое множество A с двумя бинарными операциями: \wedge (аналог конъюнкции), \vee (аналог дизъюнкции), унарной операцией \neg (аналог отрицания) и двумя выделенными элементами: 0 (или Ложь) и 1 (или Истина) такими, что для всех a, b и c из множества A верны следующие аксиомы:

$$\begin{array}{lll} a \vee (b \vee c) = (a \vee b) \vee c & a \wedge (b \wedge c) = (a \wedge b) \wedge c & \text{ассоциативность} \\ a \vee b = b \vee a & a \wedge b = b \wedge a & \text{коммутативность} \\ a \vee (a \wedge b) = a & a \wedge (a \vee b) = a & \text{законы поглощения} \\ a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c) & a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c) & \text{дистрибутивность} \\ a \vee \neg a = 1 & a \wedge \neg a = 0 & \text{дополнительность} \end{array}$$



- Джордж Буль (англ. George Boole; 2 ноября 1815, Линкольн — 8 декабря 1864, Баллинтемпл, графство Корк, Ирландия) — английский математик и логик. Профессор математики Королевского колледжа Корка (ныне Университетский колледж Корк) с 1849. Один из предтеч математической логики.



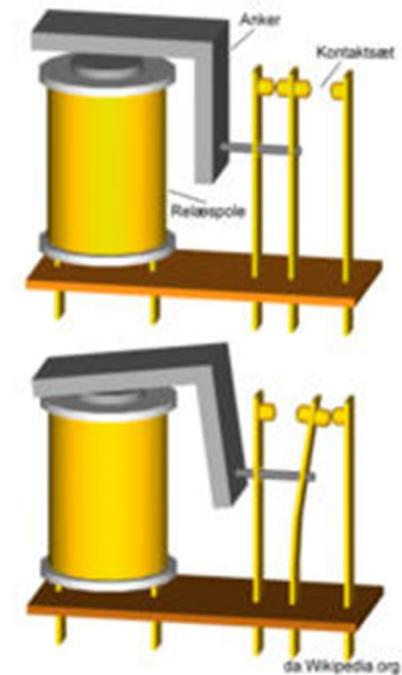
Первая ЭВМ

- В 1832 г. английский математик и изобретатель Чарльз Бебидж сконструировал первую программную вычислительную машину, которую он назвал аналогичной машиной.
- Особенность этой машины заключалась в том, что для выполнения операций ей был нужен не человек а набор инструкций. Такие инструкции представляли собой определен узор дыр на карточках-перфокартах. Они стали примером первых вычислительных программ.
- Принципы программирования для аналитической машины Бэббиджа разработала в 1843 году Ада Лавлейс - дочь поэта Байрона.



Электромеханическое реле

- Основные части электромагнитного реле: электромагнит, якорь и переключатель.
- Электромагнит представляет собой электрический провод, намотанный на катушку с сердечником из магнитного материала. Якорь — пластина из магнитного материала, через толкатель управляющая контактами.
- При пропускании электрического тока через обмотку электромагнита возникающее магнитное поле притягивает к сердечнику якорь, который через толкатель смещает, и тем самым переключает контакты.
- Переключатели могут быть замыкающими, размыкающими, переключающими.



de.Wikipedia.org

Электромеханическое реле

- Первое реле было изобретено американцем Джозефом Генри в 1831 г. и базировалось на электромагнитном принципе действия.
- Реле Дж. Генри было не коммутационным. Слово реле возникло от английского *relay*, что означало смену уставших почтовых лошадей на станциях или передачу эстафеты (*relay*) уставшим спортсменом.
- Как самостоятельное устройство, реле впервые упомянуто в патенте на телеграф Самюэля Морзе (1837).

Джозеф Генри

Joseph Henry



Дата рождения: 17 декабря 1797

Место рождения: Олбани, штат Нью-Йорк, США

Дата смерти: 13 мая 1878 (80 лет)

Место смерти: Вашингтон, США

Страна: США

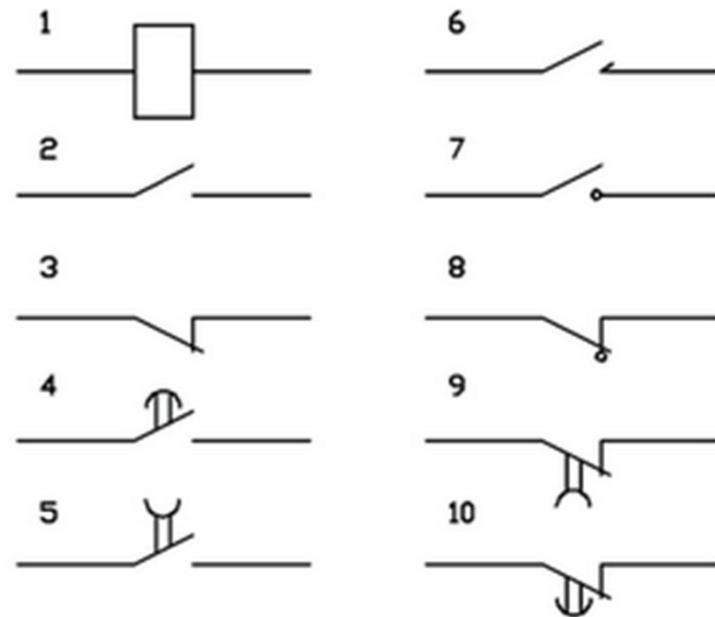
Научная сфера: Физика

Место работы: Принстонский университет
Смитсоновский институт

Известен как: Исследователь
электромагнитной индукции

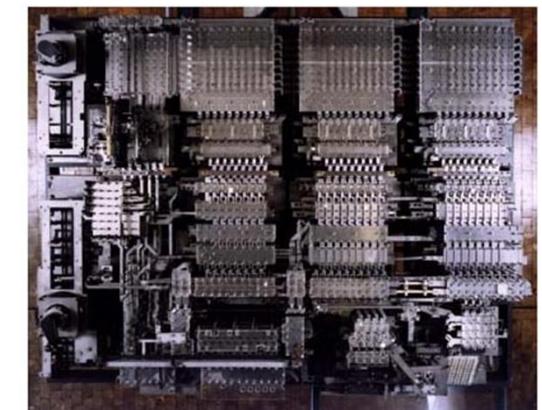
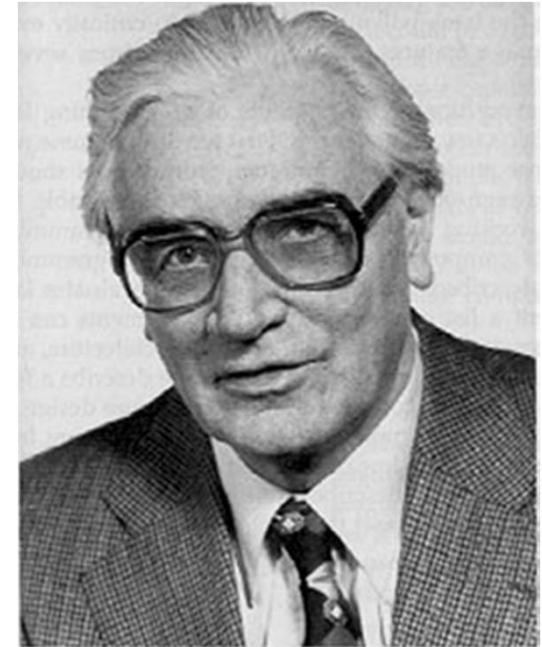
Обозначение реле на схемах

- 1 — обмотка реле (управляющая цепь),
- 2 — контакт замыкающий,
- 3 — контакт размыкающий,
- 4 — контакт замыкающий с замедлителем при срабатывании,
- 5 — контакт замыкающий с замедлителем при возврате,
- 6 — контакт импульсный замыкающий,
- 7 — контакт замыкающий без самовозврата,
- 8 — контакт размыкающий без самовозврата,
- 9 — контакт размыкающий с замедлителем при срабатывании,
- 10 — контакт размыкающий с замедлителем при возврате.



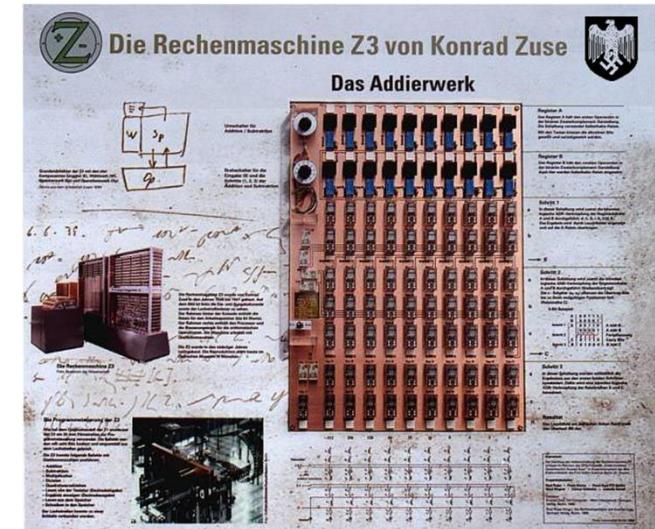
Релейная вычислительная машина

- В 1938 году Конрад Цьюз (Konrad Zuse, 1910-1995) представил первую электромеханическую машину "Z1".
- Не имея ни малейшего представления об устройстве и принципах работы других аналогичных вычислителей, Цьюз полностью, на пустом месте разработал не только механику, но и математическую логику своего устройства.
- Если все существовавшие в конце тридцатых годов механические вычислительные машины были построены с использованием вращающихся элементов и оперировали значениями в десятичной системе счисления, "Z1" обрабатывала числа в двоичной системе включала сложный набор металлических пластин, каждая из которых могла перемещаться в строго определенном направлении.



Релейная вычислительная машина

- Смещение нескольких пластин, указывающих значения вычисляемых величин и математическую операцию, которую необходимо произвести, вызывало перемещение ряда других пластин, изменяющих регистр двоичных чисел и "запоминающих" промежуточный результат.
- С полученными таким образом данными в последствии можно было производить другие преобразования. Оператор мог задать несложный последовательный алгоритм вычислений, являвший собой прообраз современной компьютерной программы.
- В 1941 году Цьюз организовал собственную фирму "Zuse Ingenieurburo und Apparatebau, Berlin" - первую на Земле коммерческую компанию, ставившую своей целью только развитие компьютерных технологий. Заключив с "Henschel" достаточно выгодный контракт, "Zuse Ingenieurburo" под руководством самого Цьюза начало разработку ЭВМ нового поколения "Z3".
- Эта программируемая вычислительная машина, созданная на базе электронных реле, оперировала 22-разрядными словами данных, каждое из которых могло быть помещено в память компьютера за один тактовый цикл, общий общем памяти достигал 64 слова по 22 бита.



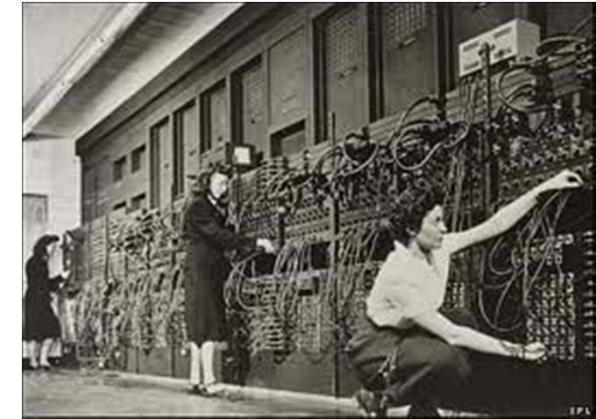
Электронная лампа

- Еще в конце прошлого века известный американский изобретатель Т. А. Эдисон обнаружил, что раскаленная нить обычной лампы испускает, «выбрасывает» большое количество свободных электронов. Это явление, получившее название термоэлектронной эмиссии, широко используется во всех электронных лампах.
- Любая электронная лампа представляет собой металлический, стеклянный или керамический баллон, внутри которого укреплены электроды . В баллоне создается сильное разрежение воздуха (вакуум), которое необходимо для того, чтобы газы не мешали движению электронов в. Во всех электронных лампах обязательно есть катод и анод. В одних лампах роль катода выполняет нить накала, в других нить служит миниатюрной электроплиткой, нагревающей трубчатый катод. Катод — отрицательный электрод — является источником электронов. Анод — положительный электрод — обычно имеет форму цилиндра или коробки без двух стенок, он окружает катод.
- Все названия электронных ламп связаны с числом электродов: диод имеет два электрода («диа» в переводе с греческого — «два») триод — три (трио), тетрод — четыре (тетра), пентод — пять (пента) и т.д.



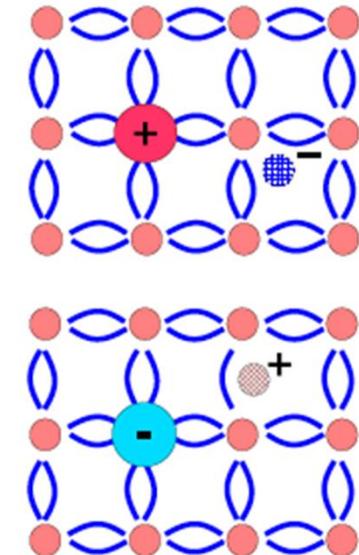
ENIAC

- В 1942 году профессор Пенсильванского университета Джон Маучли представил проект "Использование быстродействующих электронных устройств для вычислений", который положил начало созданию первой электронной вычислительной машины ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer).
- В 1943 году под руководством Маучли и Эккерта были начаты работы по созданию ENIAC, А демонстрация работы машины состоялась 15 февраля 1946 года.
- Новая машина имела впечатляющие "параметры": применено 18 тысяч электронных ламп. Потребовалось помещение площадью 9x15 квадратных метров, масса - 30 т., энергопотребление - 150 кВт. ENIAC работал с тактовой частотой 100 кГц и выполнял операцию сложения за 0,2 мс, а умножения - за 2,8 мс, что было на три порядка быстрее, чем это могли делать релейные машины.



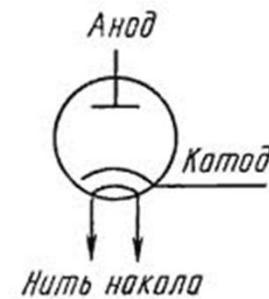
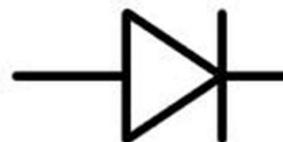
Полупроводник

- Полупроводники — материалы, которые по своей удельной проводимости занимают промежуточное место между проводниками и диэлектриками и отличаются от проводников сильной зависимостью удельной проводимости от концентрации примесей, температуры и различных видов излучения.
- Основным свойством этих материалов является увеличение электрической проводимости с ростом температуры
- Во время разрыва связи между электроном и ядром появляется свободное место в электронной оболочке атома. Это обуславливает переход электрона с другого атома на атом со свободным местом. На атом, откуда перешёл электрон, входит другой электрон из другого атома и т. д. Это обуславливается ковалентными связями атомов. Таким образом, происходит перемещение положительного заряда без перемещения самого атома. Этот условный положительный заряд называют дыркой.
- Обычно подвижность дырок в полупроводнике ниже подвижности электронов.



Полупроводниковый диод

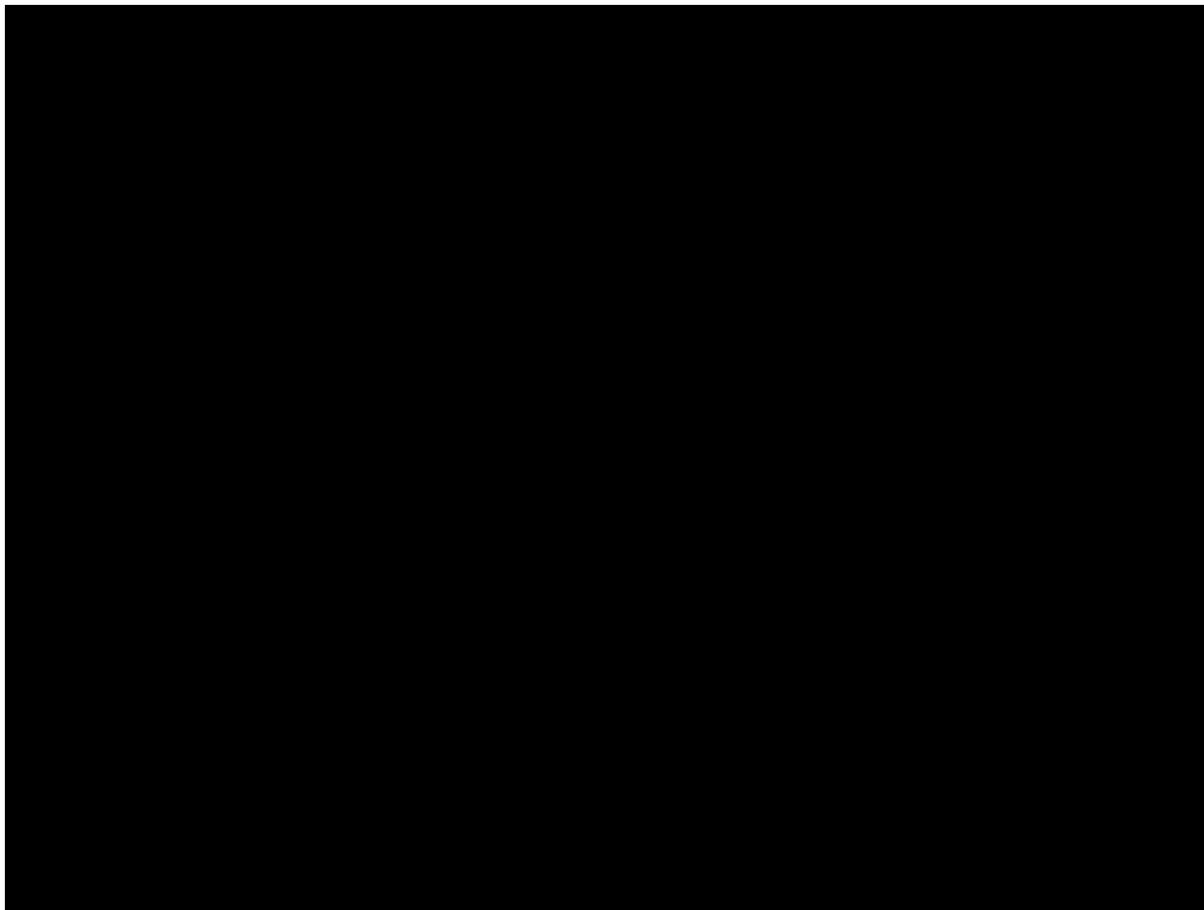
- Диод (от др.-греч. δις — два и -од означающего путь) — двухэлектродный электронный прибор, обладает различной проводимостью в зависимости от направления электрического тока. Электрод диода, подключённый к положительному полюсу источника тока, когда диод открыт (то есть имеет маленькое сопротивление), называют анодом, подключённый к отрицательному полюсу — катодом.
- Электровакуумный диод — электронная лампа с двумя электродами (катод и анод). Используется в детекторах (амплитудных или частотных) и в выпрямителях. Принцип действия термионных (электровакуумных) диодов был открыт британским учёным Фредериком Гутри в 1873 году.
- Принцип деятельности полупроводниковых диодов был открыт в 1874 немецким ученым Карлом Фердинандом Брауном. В промышленности диоды стали использоваться с 1906 года.



170

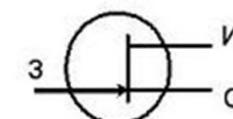
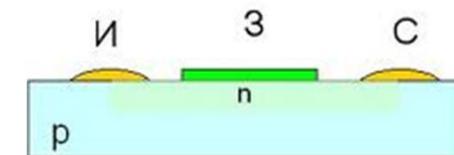
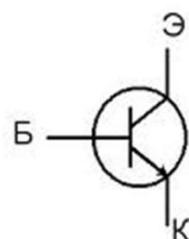
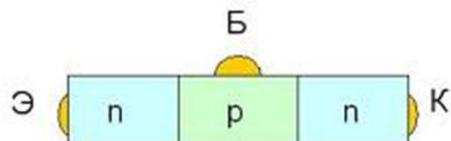
29

Работа полупроводникового диода



Транзистор

- Транзистор (англ. transistor) — радиоэлектронный компонент из полупроводникового материала, обычно с тремя выводами, позволяющий входным сигналам управлять током в электрической цепи. Обычно используется для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов. На принципиальных схемах обозначается "VT" или "Q".
- Управление током в выходной цепи осуществляется за счёт изменения входного напряжения или тока. Небольшое изменение входных величин может приводить к существенно большему изменению выходного напряжения и тока. Это усилительное свойство транзисторов используется в аналоговой технике (аналоговые ТВ, радио, связь и т. п.).

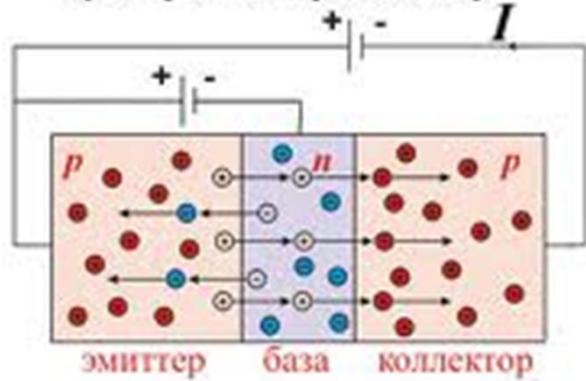


История транзистора

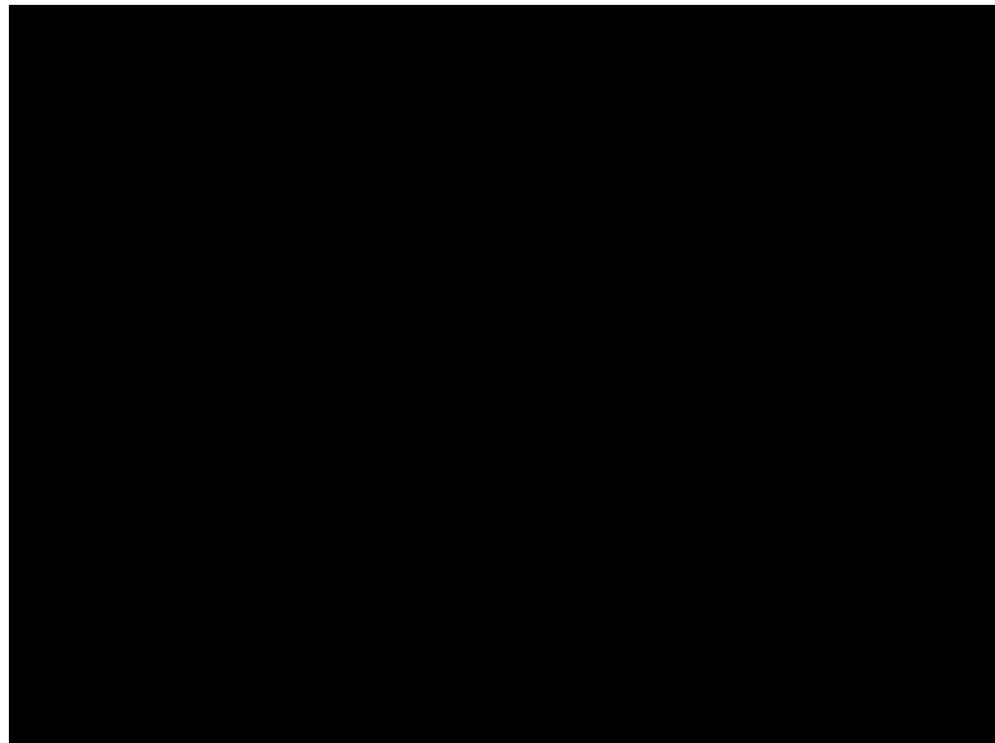
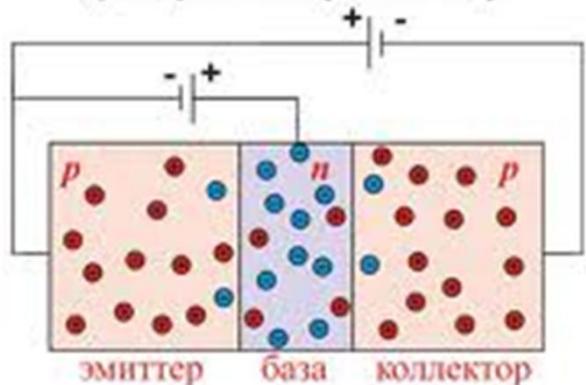
- Первые патенты на принцип работы полевых транзисторов были зарегистрированы в Германии в 1928 году (в Канаде, 22 октября 1925 года) на имя австро-венгерского физика Юлия Эдгара Лилиенфельда. В 1934 году немецкий физик Оскар Хейл запатентовал полевой транзистор. Полевые транзисторы (МОП-транзисторы) основаны на простом электростатическом эффекте поля, они существенно проще биполярных транзисторов, и поэтому придуманы и запатентованы задолго до биполярных транзисторов. Тем не менее, первый МОП-транзистор, был изготовлен позже биполярного транзистора, в 1960 году. Только в 90-х годах XX века МОП-технология стала доминировать над биполярной.
- В 1947 году Уильям Шокли, Джон Бардин и Уолтер Браттейн в лабораториях Bell Labs впервые создали действующий биполярный транзистор, продемонстрированный 16 декабря. 23 декабря состоялось официальное представление изобретения и именно эта дата считается днём изобретения транзистора. В 1956 году они были награждены Нобелевской премией по физике «за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта». Интересно, что Джон Бардин вскоре был удостоен Нобелевской премии во второй раз за создание теории сверхпроводимости.

Работа полупроводникового биполярного транзистора

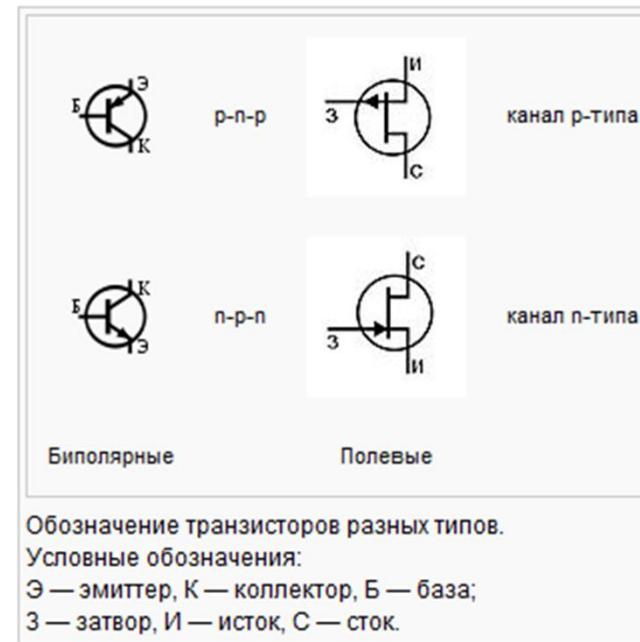
а) открытый транзистор



б) закрытый транзистор



Схемное обозначение транзисторов



Усилитель на транзисторе

