



Кафедра «Автоматизированные станочные системы»
Dept. of Automated Manufacturing Systems

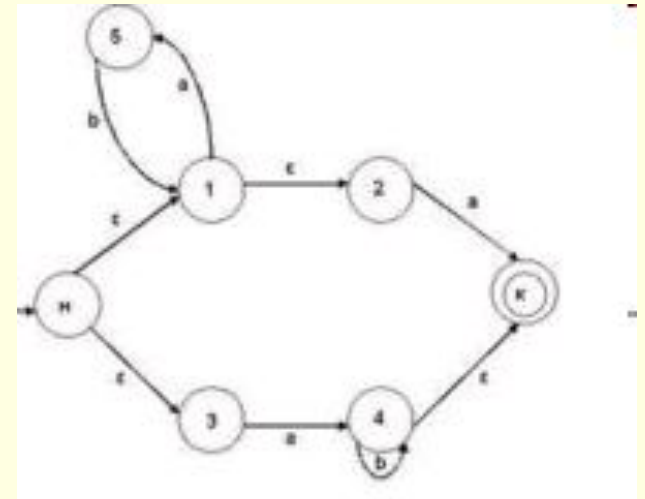
Кодирование сигналов в цифровых автоматах и сетях

Компьютер=конечный автомат

Конечный автомат (finite automata) — математическая модель, позволяющая описывать пути изменения состояния объекта в зависимости от его текущего состояния и входных данных, при условии, что общее возможное количество состояний **конечно**.

Цифровые компьютеры (любой PC) работают дискретно, пошагово

Аналоговые компьютеры (автопилот) работают непрерывно



Информационные основы контроля работы цифровых автоматов

- Алгоритмы выполнения арифметических операций обеспечат правильный результат только в случае, если **машина работает без нарушений**.
- При возникновении какого-либо нарушения нормального функционирования результат будет неверным, однако пользователь об этом не узнает, если не будут предусмотрены меры для создания **системы обнаружения возможной ошибки**.
- Следовательно, с одной стороны, разработчиками машины должны быть предусмотрены меры для создания системы обнаружения возможной ошибки, а с другой стороны, должны быть проработаны меры, позволяющие исправить ошибки.
- Эти функции следует возложить на систему контроля работы цифрового автомата.

- **Система контроля** - совокупность методов и средств, обеспечивающих определение правильности работы автомата (компьютера) в целом или его отдельных узлов, а также автоматическое исправление ошибки.
- Ошибки в работе цифрового автомата могут быть вызваны либо выходом из строя какой-то детали, либо отклонением от нормы параметров, например, изменение напряжения питания или воздействием внешних помех. Вызванные этими нарушениями ошибки могут принять **постоянный** или **случайный** характер. Постоянные ошибки легче обнаружить и выявить. Случайные ошибки, обусловленные кратковременными изменениями параметров, наиболее опасны и их труднее обнаружить.

Система контроля

- Система контроля должна строиться с таким расчетом, чтобы она позволяла обнаружить и по возможности исправить любые нарушения. При этом надо различать следующие виды ошибок результата:
 - возникающие из-за погрешностей в исходных данных;
 - обусловленные методическими погрешностями;
 - появляющиеся из-за возникновения неисправностей в работе машины.
- Первые два вида ошибок не являются объектом для работы системы контроля. Погрешности перевода или представления числовой информации в разрядной сетки автомата приведут к возникновению погрешности в результате решения задачи. Эту погрешность можно заранее рассчитать и, зная её максимальную величину, правильно выбрать длину разрядной сетки машины. Методические погрешности также учитываются предварительно

- Проверка правильности функционирования отдельных устройств машины и выявление неисправностей может осуществляться по двум направлениям:
 - **профилактический контроль**, задача которого – предупреждение появления ошибок в работе;
 - **оперативный контроль**, задача которого – проверка правильности выполнения машиной всех операций.
- Решение всех задач контроля становится возможным только при наличии определенной **избыточности** информации. Избыточность может быть создана либо аппаратными (схемными) средствами, либо логическими или информационными средствами.
- К информационным средствам относится использование **специальных методов кодирования информации**.

Методы логического контроля

- В ЭВМ первого и второго поколений отсутствие системы оперативного контроля приводило к необходимости осуществления «**двойного счета**», когда каждая задача решалась дважды, и в случае совпадения ответов принималось решение о правильности функционирования ЭВМ.
- Если в процессе решения какой-то задачи вычисляются тригонометрические функции, то для контроля можно использовать известные соотношения между этими функциями (**$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$**). Если это соотношение выполняется заданной точностью на каждом шаге вычислений, то можно с уверенностью читать, что ЭВМ работает правильно.
- Вычисление определенного интеграла с заданным шагом интегрирования можно контролировать сравнением полученных при этом результатов с теми результатами, которые соответствуют более крупному шагу.
- Все рассмотренные примеры позволяют лишь **зафиксировать факт** появления ошибки, но **не определяют место, где произошла эта ошибка**. Для оперативного контроля работы ЭВМ определение места, где произошла ошибка, т.е. решение задачи поиска неисправности, является весьма существенным вопросом.

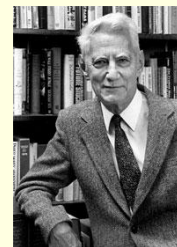
Основные принципы помехоустойчивого кодирования

- **Теорема Шеннона** для дискретного канала с помехами утверждает, что вероятность ошибок за счет наличия в канале помех может быть сколь угодно малой при выборе соответствующего способа кодирования сигналов.

Поэтому наличие помех не накладывает принципиально ограничений на верность передачи.

- Конструктивные методы построения эффективных помехоустойчивых кодов были даны впервые К. Шенноном и Р. Фано. Их методики существенно не различаются, поэтому соответствующий код получил название кода Шеннона-Фано.

Код Шеннона-Фано



- Код строится следующим образом: буквы алфавита сообщений выписываются в таблицу в порядке убывания вероятностей. Затем они разделяются на две группы так, чтобы **суммы вероятностей в каждой из групп были по возможности одинаковы**. Всем буквам верхней половины в качестве первого символа приписывается 1, а всем нижним — 0. Каждая из полученных групп, в свою очередь, разбивается на две подгруппы с одинаковыми суммарными вероятностями и т.д. Процесс повторяется до тех пор, пока в каждой подгруппе останется по одной букве.

Код Шеннона-Фано

Частоты:

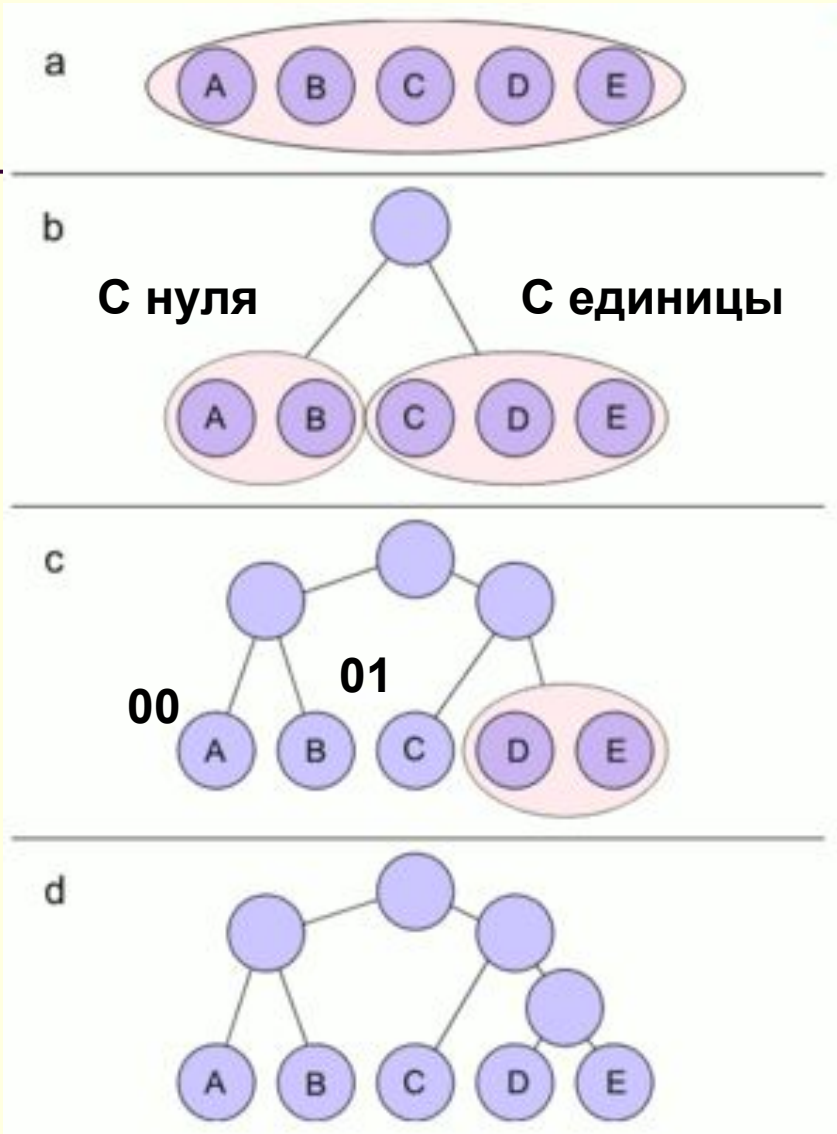
Symbol	A	B	C	D	E
Count	15	7	6	6	5

Делим между B и C. Слева получаем $15+7=22$, справа – $6+6+5=17$

A получает код 00, B - 01

Результат:

Symbol	A	B	C	D	E
Code	00	01	10	110	111



Код Шеннона-Фано

Рассмотрим алфавит из **восьми** букв. Ясно, что при обычном (не учитывающем статистических характеристик) кодировании для представления каждой буквы требуется **три** бита ($8=2^3$).

Буквы	Вероятности	Кодовые комбинации
Z1	0,22	11
Z2	0,20	10
Z3	0,16	011
Z4	0,16	010
Z5	0,10	001
Z6	0,10	0001
Z7	0,04	00001
Z8	0,02	00000

Энтропия набора букв ($p(z_i)$ – вероятность i -й буквы):

$$H(z) = -\sum_{i=1}^8 p(z_i) \log p(z_i) \approx 2,76$$

Среднее число символов на букву:

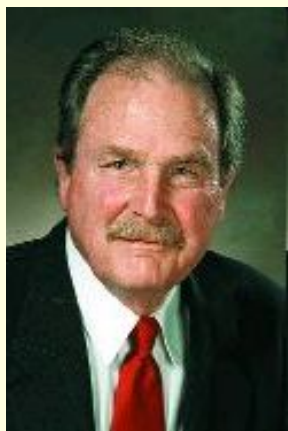
$$l_{cp} = -\sum_{i=1}^8 p(z_i) n(z_i) \approx 2,84$$

$n(z_i)$ — число символов в кодовой комбинации, соответствующей букве z_i .

2.84 < 3 – получили более эффективный код

Рассмотренная методика Шеннона-Фано **не всегда приводит к однозначному построению кода**. Ведь при разбиении на подгруппы можно сделать большей по вероятности как верхнюю, так и нижнюю подгруппу.

- Таким образом, построенный код может оказаться не самым лучшим. При построении эффективных кодов с основанием $q > 2$ неопределенность становится еще больше.
- От указанного недостатка свободна методика Д. Хаффмена. Она гарантирует однозначное построение кода с наименьшим для данного распределения вероятностей средним числом символов на букву.



David Huffman (1925-1999)

Методика Д. Хаффмена

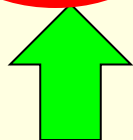
Для двоичного кода методика сводится к следующему. Буквы алфавита сообщений выписываются в основной столбец **в порядке убывания вероятностей.**

Две последние буквы объединяются в одну вспомогательную букву, которой приписывается суммарная вероятность.

Вероятности букв, не участвовавших в объединении, и полученная суммарная вероятность снова располагаются в порядке убывания вероятностей в дополнительном столбце, а две последние объединяются. Процесс продолжается до тех пор, пока не получим единственную вспомогательную букву с вероятностью, равной единице.

Методика Д. Хаффмена

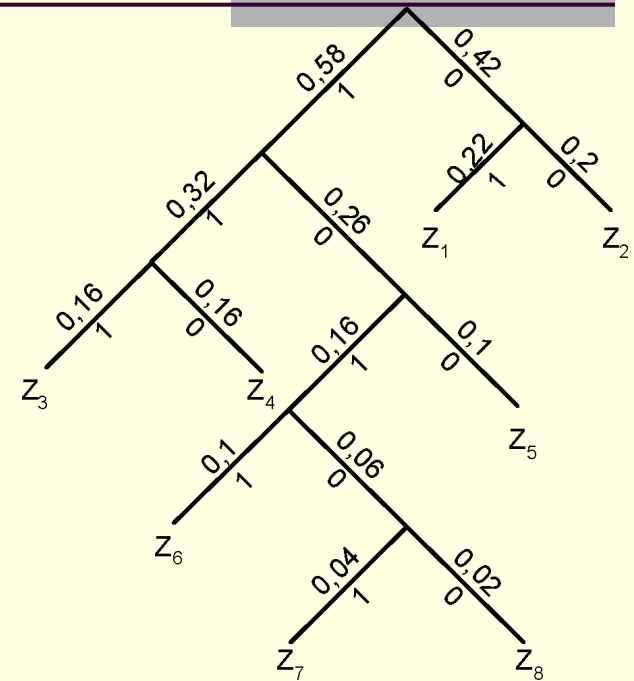
Бук- вы	Вероятности	Вспомогательные столбцы						
		1	2	3	4	5	6	7
Z ₁	0,22	0,22	0,22	→ 0,26	→ 0,32	→ 0,42	→ 0,58	→ 1
Z ₂	0,20	0,20	0,20	0,22	0,26	0,32	0,42	
Z ₃	0,16	0,16	0,16	0,20	0,22	0,26		
Z ₄	0,16	0,16	0,16	0,16	0,20			
Z ₅	0,10	0,10	→ 0,16	0,16				
Z ₆	0,10	0,10	0,10					
Z ₇	0,04	→ 0,06						
Z ₈	0,02							



$$0.22+0.2+0.16+0.16+0.1+0.1+0.04+0.02=1$$

Методика Д. Хаффмена

Для составления кодовой комбинации, соответствующей данному сообщению, необходимо проследить **путь перехода** сообщений по строкам и столбцам таблицы. Для наглядности строится кодовое дерево. Из точки, соответствующей вероятности 1, направляются две ветви, причем ветви с большей вероятностью присваивается символ 1, а с меньшей — 0. Такое последовательное ветвление продолжаем до тех пор, пока не дойдем до каждой буквы

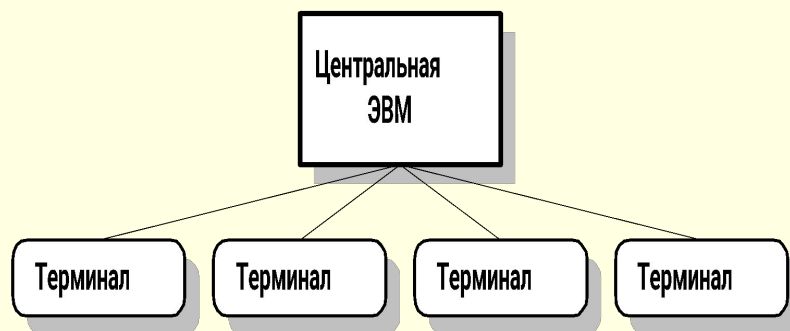


Теперь, двигаясь по кодовому дереву сверху вниз, можно записать для каждой буквы соответствующую ей кодовую комбинацию:

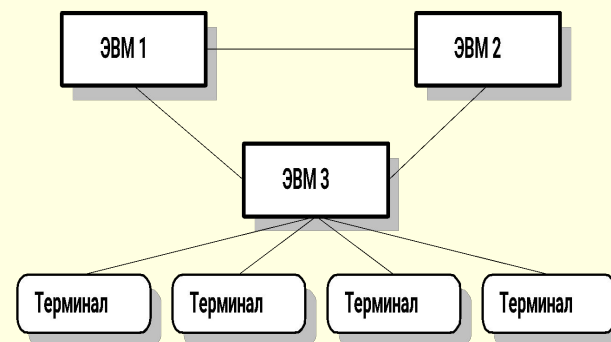
Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
01	00	111	110	100	1011	10101	10100

Сетевые технологии передачи и обработки данных

Система централизованной обработки данных

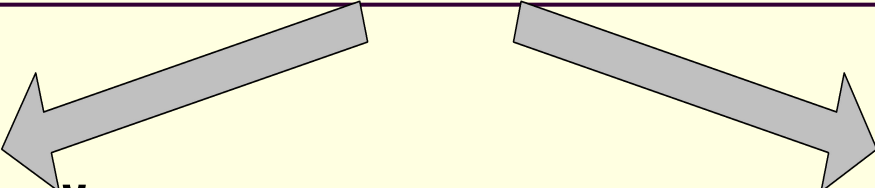


Система распределенной обработки данных



Распределенная обработка данных – обработка данных, выполняемая на независимых, но связанных между собой компьютерах, представляющих распределенную систему.

Для реализации распределенной обработки данных



Многомашинный вычислительный комплекс (МВК) – группа установленных рядом вычислительных машин, объединенных с помощью специальных средств сопряжения и выполняющих совместно единый информационный вычислительный процесс (локальные, дистанционные).

Компьютерная (вычислительная) сеть – совокупность компьютеров и терминалов, соединенных с помощью каналов связи в единую систему, удовлетворяющую требованиям распределенной обработки данных.

Свяжем компьютеры сигналами

- **Время передачи сигнала** T_c .
- Чем больше значение **мощности сигнала** P_c , передаваемого по каналу к уровню помех в этом канале P_z , тем меньше вероятность ошибочного приема. Удобно пользоваться логарифмом этого отношения, называемым превышением сигнала над помехой:

$$L_c = \log a \left(\frac{P_c}{P_z} \right)$$

- Третьим важным параметром является **спектр частот** F_x .
- Эти три параметра позволяют представить любой сигнал в трехмерном пространстве с координатами L, T, F в виде параллелепипеда с объемом $T_x F_x L_x$. Это произведение носит название **объема сигнала** и обозначается через V_x

$$V_x = T_c F_x L_c$$

Характеристики каналов передачи данных

- Информационный канал можно характеризовать также тремя соответствующими параметрами: **временем использования** канала T_k , **шириной полосы частот**, пропускаемых каналом F_k , и **динамическим диапазоном канала** D_k , характеризующим его способность передавать различные уровни сигнала.

Величина $V_k = T_k F_k D_k$ называется **емкостью канала**.

Неискаженная передача сигналов возможна только при условии, что сигнал по своему объему «вмещается» в емкость канала.

Следовательно, общее условие согласования сигнала с каналом передачи информации определяется соотношением

$$V_x \leq V_k$$

Однако соотношение выражает **необходимое, но недостаточное** условие согласования сигнала с каналом. Достаточным условием является согласование по всем параметрам:

$$T_c \leq T_k \quad F_x \leq F_k \quad D_c \leq D_k$$

Каналы передачи данных и их характеристики

- Для информационного канала пользуются понятиями: **Скорость ввода информации** (поток информации) $I(X)$ - среднее количество информации, вводимое от источника сообщений в информационный канал в единицу времени. Эта характеристика источника сообщений и определяется только статистическими свойствами сообщений.
- **Скорость передачи информации** $I(Z,Y)$ – среднее количество информации, передаваемое по каналу в единицу времени. Она зависит от статистических свойств передаваемого сигнала и от свойств канала.
- **Пропускная способность** C – наибольшая теоретически достижимая для данного канала скорость передачи информации. Это характеристика канала и не зависит от статистики сигнала.
- С целью наиболее эффективного использования информационного канала необходимо принимать меры к тому, чтобы **скорость передачи информации была как можно ближе к пропускной способности канала**. Вместе с тем скорость ввода информации не должна превышать пропускную способность канала.

Методы повышения помехоустойчивости

- В настоящее время известно большое число способов повышения помехоустойчивости систем. Эти способы удобно разбить на две группы.
- I группа – основана на выборе **метода передачи сообщений**.
- II группа – связана с **построением помехоустойчивых приемников**.
- Простым и применяемым способом повышения помехоустойчивости является **увеличение отношения сигнал/помеха** за счет увеличения мощности передатчика.
- Радикальным способом повышения помехоустойчивости передачи дискретных сигналов является использование **специальных помехоустойчивых кодов**. При этом имеется два пути повышения помехоустойчивости кодов:
 - Выбор таких способов передачи, которые обеспечивают **меньшую вероятность искажения кода**;
 - Увеличение корректирующих свойств кодовых комбинаций. Этот путь связан с использованием кодов, позволяющих обнаруживать и устранять искажения в кодовых комбинациях.

Технические средства обмена данными

- Для передачи сообщений в вычислительных сетях используются различные типы каналов связи. Наиболее распространены выделенные телефонные каналы и специальные каналы для передачи цифровой информации. Применяются также радиоканалы и каналы спутниковой связи.
- Особняком в этом отношении стоят ЛВС, где в качестве передающей среды используются витая пара проводов, коаксиальный кабель и оптоволоконный кабель.
- Чтобы обеспечить передачу информации из компьютера в коммуникационную среду, необходимо согласовать сигналы внутреннего интерфейса компьютера с параметрами сигналов, передаваемых по каналам связи. При этом должно быть выполнено как физическое согласование (форма, амплитуда и длительность сигнала), так и кодовое.

Технические средства обмена данными

- Технические устройства, выполняющие функции сопряжения ЭВМ с каналами связи, называются **сетевыми адаптерами**. Один адаптер обеспечивает сопряжение с ЭВМ одного канала связи. Кроме одноканальных адаптеров используются и многоканальные устройства – **мультиплексоры передачи данных**.
- **Мультиплексор передачи данных** – устройство сопряжения ЭВМ с несколькими каналами связи.
- Для передачи цифровой информации по каналу связи необходимо поток битов преобразовать в аналоговые каналы, и при приеме информации из канала связи в ЭВМ выполнить обратное действие – преобразовать аналоговые сигналы в поток битов, которые может обрабатывать ЭВМ. Такие преобразования выполняет специальное устройство – **модем**.
- **Модем** – устройство выполняющее модуляцию и демодуляцию информационных сигналов при передаче их из ЭВМ в канал связи и при приеме в ЭВМ из канала связи.

- Наиболее дорогим компонентом вычислительной сети является канал связи. Поэтому при построении ряда вычислительных сетей стараются сэкономить на каналах связи, коммутируя несколько внутренних каналов связи на один внешний. Для выполнения функций коммутации используются специальные устройств – **концентраторы**.
- **Концентратор** – устройство, коммутирующее несколько каналов связи на один путем частотного разделения.



В ЛВС, где физическая передающая среда представляет собой кабель ограниченной длины, для увеличения протяженности сети используются специальные устройства – **повторители**.

Повторитель (repeater) – устройство, обеспечивающее сохранение формы и амплитуды сигнала при передаче его на большее, чем предусмотрено данным типом физической передающей среды, расстояние.

Существуют локальные и дистанционные повторители. **Локальные** повторители позволяют соединять фрагменты сетей, расположенные на расстоянии до 50 м., а **дистанционные** – до 2000 м.

