

ЛЕКЦИЯ 17.

Криптографические шифраторы.

- 17.1. Функциональные возможности и структура аппаратного шифратора.**
- 17.2. Принцип действия аппаратного шифратора.**
- 17.3. Основные типы современных шифраторов.**
- 17.4. Основные направления развития технологии смарт-карт.**



Классификация современных шифраторов

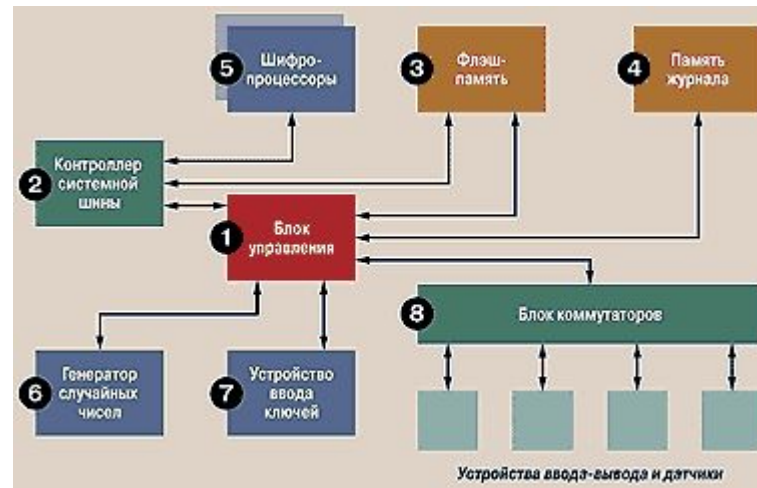
Функциональные возможности аппаратного шифратора:

1. Генерация случайных чисел.
2. Контроль входа на компьютер.
3. Контроль целостности файлов операционной системы.

Плата с перечисленными возможностями называется устройством криптографической защиты данных — УКЗД.

Шифратор, выполняющий контроль входа на ПК и проверяющий целостность операционной системы, называют также **«электронным замком»**.

Структура аппаратного шифратора



- 1. Блок управления** - основной модуль шифратора, реализуется на базе **микроконтроллера**.
- 2. Контроллер системной шины ПК** (например, **PCI**) - осуществляет основной обмен данными между **УКЗД** и компьютером.
- 3. Энергонезависимое запоминающее устройство (ЗУ)** - микросхема **флэш-памяти**. (достаточно **емкая** (несколько **мегабайт**) и допускает **большое число циклов записи**). Здесь размещается **программное обеспечение** микроконтроллера, которое выполняется при **инициализации** устройства (т. е. когда шифратор перехватывает управление при загрузке компьютера).
- 4. Память журнала** - **энергонезависимое ЗУ**; еще одна **флэш-микросхема**: память для программ и память для журнала **не должны объединяться**.
- 5. Шифропроцессор** (или несколько) - это специализированная микросхема или микросхема **программируемой логики PLD (Programmable Logic Device)**.
- 6. Генератор случайных чисел** - устройство, дающее статистически случайный и непредсказуемый сигнал - **белый шум**.
- 7. Блок ввода ключевой информации**. Обеспечивает **защищенный прием ключей** с ключевого носителя, через него также вводится **идентификационная информация** о пользователе, необходимая для решения вопроса "**свой/чужой**".
- 8. Блок коммутаторов**. **УКЗД** может по указанию администратора безопасности **отключать возможность работы с внешними устройствами**: дисководы, CD-ROM, параллельным и последовательным портами, шиной USB и т. д.



Структура шифропроцессора

Вычислитель - набор регистров, сумматоров, блоков подстановки и т. п., связанных между собой шинами передачи данных.

Он выполняет *криптографические действия*, причем, *максимально быстро*.

На вход вычислитель получает **открытые данные**, которые следует зашифровать, и **ключ шифрования** (случайное число).

1. **Блок управления** - аппаратно реализованная *программа*, управляющая вычислителем.
2. **Буфер ввода-вывода** - для *повышения производительности* устройства: пока шифруется первый блок данных, загружается следующий и т. д.

Потоковая скорость обработки данных (*мегабайты в секунду*):

$$V = F \times K / n,$$

где **F** — тактовая частота,

K — размер стандартного блока шифрования,

n — число тактов, требующееся на преобразование стандартного блока.

Алгоритм *ГОСТ 28147—89* имеет быстроедействие **32** такта на **8-байтовый** блок: теоретически скорость шифрования стремится к **25 Мбайт/с** при тактовой частоте **100 МГц**.

Программная реализация криптоГОСТА на современных ПК достигает **12—16 Мбайт/с** при тактовой частоте процессора **1 ГГц**. (В этом случае теоретическая скорость шифрования - около **250 Мбайт/с**).

Принцип действия аппаратного шифратора

У *аппаратных шифраторов* два основных режима работы:
начальной загрузки и **выполнения операций**.

Режим **начальной загрузки** начинается при загрузке компьютера. **Шифратор**:

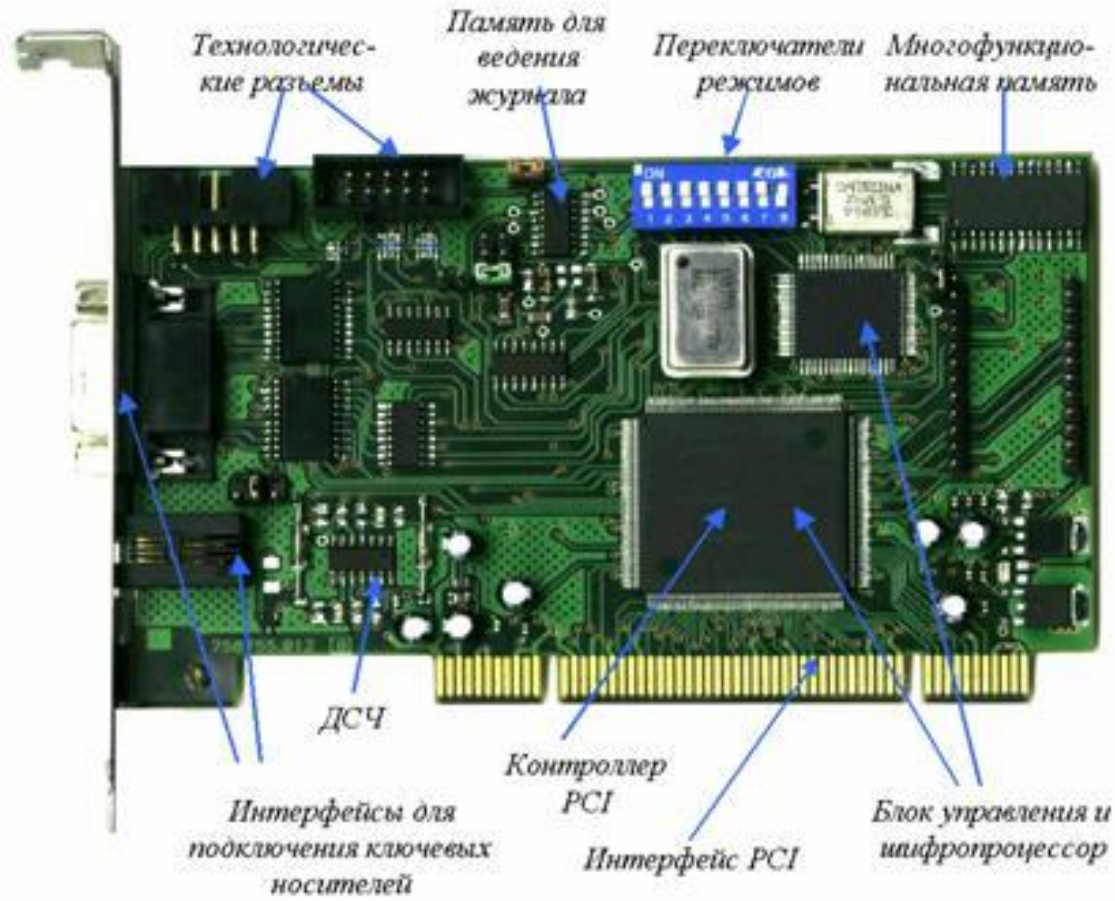
1. перехватывает управление и выполняет последовательность команд, предлагая пользователю прежде всего ввести *главный ключ шифрования*;
2. выполняет различные операции с *ключами шифрования*: их *загрузку* в шифропроцессор и *выгрузку* из него, а также *взаимное шифрование* ключей;
3. рассчитывает *имитовставки* для данных и ключей;
4. генерирует *случайные числа* по запросу.

Шифратор может получать команды сразу от *нескольких* программ:

- программы шифрования файлов;
- программы шифрования данных и вычисления *имитовставок* от драйвера, выполняющего *прозрачное* (**автоматическое**) шифрование сетевых пакетов (например, реализующего механизмы виртуальных частных сетей);
- запросы на генерацию случайных чисел от программы-генератора криптографических ключей и т.д.

Программы **не имеют прямого доступа к шифратору** и управляют им с помощью специальных *программных API-модулей*.

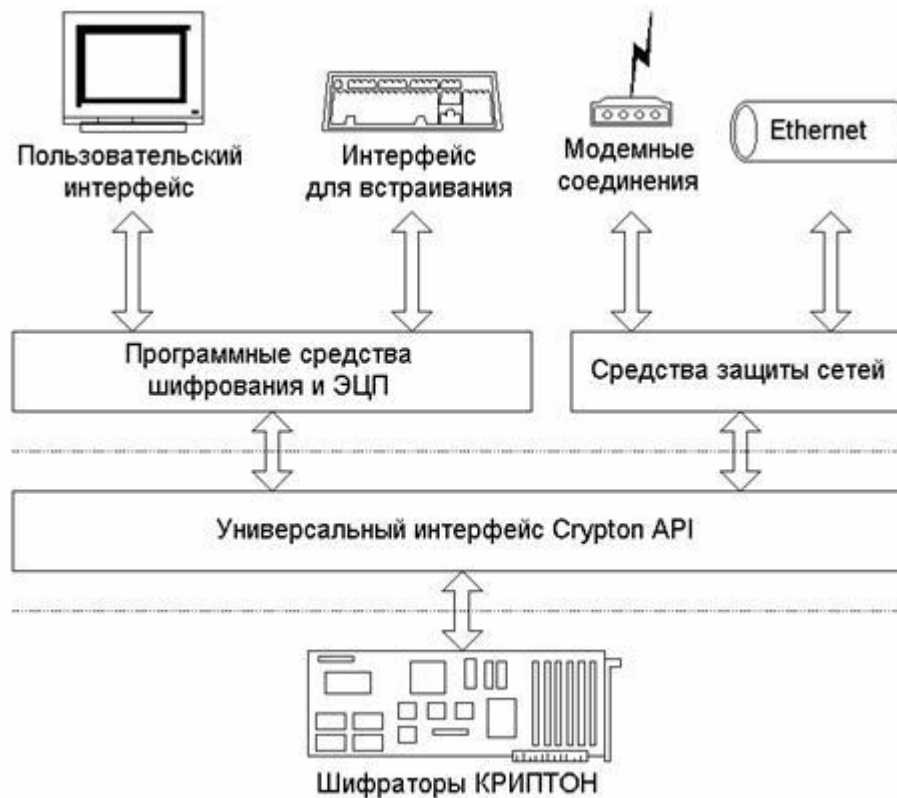
Функция API - обеспечение корректного последовательного *выполнения шифратором команд, инициированных различными программами*.



**Общий вид аппаратного шифратора
типа "Криптон"**

При обращении программы к **УКЗД** любая команда проходит **четыре** уровня (см. рис.):

- приложений,
- интерфейса между приложением и драйвером **УКЗД**,
- ядра операционной системы - драйвера **УКЗД**,
- **аппаратный** (собственно *уровень шифратора*).



Программный интерфейс *Crypton API*.

Аппаратные шифраторы должны поддерживать *несколько уровней ключей* шифрования.

Трехуровневая иерархия ключей предусматривает использование:

сеансовых или **пакетных** ключей - **1-й уровень**,
долговременных пользовательских или **сетевых** ключей - **2-й уровень**,
главных ключей - **3-й уровень**.

Шифрование данных выполняется *только* на ключах **первого уровня** (**сеансовых** или **пакетных**), остальные - для шифрования *саших ключей* при построении различных ключевых схем.

Упрощенный **пример** процесса шифрования файла:

1. На этапе **начальной загрузки** в ключевую ячейку № 1 заносится **главный** ключ. Но для *трехуровневого* шифрования необходимо получить еще два.
2. **Сеансовый** ключ генерируется в результате запроса к *датчику случайных чисел (ДСЧ)* шифратора на получение случайного числа, которое загружается в ключевую ячейку № 2, соответствующую **сеансовому** ключу. С его помощью шифруется содержимое **файла** и создается **новый файл**, хранящий зашифрованную информацию.
3. Далее у пользователя запрашивается **долговременный** ключ, который загружается в ключевую ячейку № 3 с расшифровкой посредством **главного** ключа, находящегося в ячейке № 1.
4. И, наконец, **сеансовый** ключ зашифровывается при помощи **долговременного** ключа, находящегося в ячейке № 3, выгружается из шифратора и записывается в заголовок зашифрованного файла.
5. При **расшифровке файла** сначала с помощью **долговременного** ключа пользователя расшифровывается **сеансовый** ключ, а затем с его помощью восстанавливается информация.

Многоключевая схема имеет **преимущества**:

Во-первых, **снижается нагрузка** на **долговременный** ключ - он используется только для шифрования *коротких сеансовых* ключей.

Во-вторых, при смене **долговременного** ключа можно очень быстро перешифровать файл: достаточно перешифровать **сеансовый** ключ со старого **долговременного** на новый.

В-третьих, разгружается *ключевой носитель* - на нем хранится только **главный** ключ, а все **долговременные** ключи (их может быть сколько угодно - для различных целей) могут храниться в зашифрованном с помощью **главного** ключа виде даже на жестком диске ПК.

Функция "электронного замка":

обеспечивает ПК **защиту от несанкционированного доступа** и позволяет **контролировать целостность файлов** операционной системы и используемых приложений.

Память шифратора, работающего в режиме "**электронного замка**", должна содержать :

- **список пользователей**, которым разрешен вход на защищаемый данным шифратором компьютер, и **данные**, необходимые для их **аутентификации**;
- **список контролируемых файлов** с рассчитанным для каждого из них **хэш-значением** ;
- **журнал**, содержащий список попыток входа на компьютер, как успешных, так и нет; в последнем случае - с указанием причины отказа в доступе.

Основные типы современных шифраторов.



Внешний вид персонального шифратора Шипка-1.5

Шипка-1.5 – аббревиатура от слов “*Шифрование – Идентификация – Подпись – Коды Аутентификации*”– это **USB-**устройство, в котором аппаратно реализованы:

1. Все стандартные российские криптографические алгоритмы:

шифрование (ГОСТ 28147-89);

вычисление *хэш-функции* (ГОСТ Р 34.11-94);

вычисление и проверка ЭЦП (ГОСТ Р 34.10-94, ГОСТ Р 34.10-2001);

вычисление *защитных кодов аутентификации (ЗКА)*: чтобы убедиться, что данные правильно обрабатываются и нет нарушений в технологии, используются *защитные коды аутентификации*; для этого в некоторых точках происходит проверка результата операций и, если он не совпадает с “правильным”, подается сигнал тревоги.

2. Ряд зарубежных алгоритмов:

шифрование **RC2, RC4 и RC5, DES, 3DES, RSA**;

хэш-функции MD5 и SHA-1;

ЭЦП **RSA, DSA**.

3. Два изолированных *энергонезависимых* блока памяти:

для хранения *критичной ключевой информации* – память объемом **4 кбайт**, размещенная непосредственно в вычислителе;

для хранения разнообразной ключевой информации, паролей, сертификатов и т.п. – память объемом до **2 Мбайт**.

4. Аппаратный генератор случайных чисел.

Устройство **Шипка-1.5** обеспечивает решение самых разных задач **защиты информации:**

- шифрование и/или подпись файлов;
- защищенное хранилище паролей для различных **web**-сервисов;
- аппаратная идентификация пользователя в бездисковых решениях типа “**тонкий клиент**”;
- аппаратная идентификация пользователя для ПАК “**Аккорд-NT/2000**”, установленного на ноутбуках;
- аппаратная авторизация при загрузке ОС **Windows** на ПК;
- хранилище ключей и аппаратный датчик случайных чисел для криптографических приложений;
- использование смарт-карты в типовых решениях :
 - 1) авторизация при входе в домен **Windows**,
 - 2) шифрование и/или подпись сообщений в почтовых программах (например, **Outlook Express**),
 - 3) для получения сертификатов **Удостоверяющего Центра** для пар “**имя пользователя + открытый ключ**”.

Электронный идентификатор **ruToken**

имеет:

- свою **собственную файловую систему**,
- **аппаратную** реализацию алгоритма шифрования по **ГОСТ 28147-89**
- и содержит до **128 кбайт** защищенной энергонезависимой памяти.



Общий вид персональных
идентификаторов типа **ruToken**

Электронный идентификатор **ruToken** позволяет обеспечить:

- надежную **двухфакторную аутентификацию** пользователей;
- **хранение** в памяти **ruToken** ключей шифрования, паролей и сертификатов;
- защиту электронной почты (**ЭЦП, шифрование**);
- **сокращение** эксплуатационных затрат,
- **простоту** использования.

Основные направления развития технологии *смарт-карт*

Цифровые интеллектуальные карты

– пластиковые карточки со *встроенным микроконтроллером* и защищенной памятью.

При создании *оптимизированных кристаллов* для интеллектуальных карт будут использованы:

- *сверхмалогоабаритные 16- или 32-разрядные ядра процессоров*;
- более высокопроизводительные **8-разрядные** устройства, подобные *RISC-процессорам*, выполняющим *одну команду* всего за **один цикл** (в отличие от **6 – 12 циклов** на команду для большинства распространенных микроконтроллеров, например, серии *8051*);
- *энергонезависимая*, но *электрически перепрограммируемая память* (EEPROM);
- *флэш-память*.

Критерии выбора аппаратных шифраторов

Важнейшая характеристика – реализуемый **алгоритм шифрования и размерность ключа**.

Другие параметры :

- **скорость** шифрования,
- **количество уровней** ключевой системы шифратора,
- **интерфейс** (*ISA/PCI/USB*),
- **набор поддерживаемых ключевых носителей** с возможностью прямой загрузки ключей шифрования,
- наличие функциональности "электронного замка",
- наличие **драйверов шифратора** для **различных ОС**,
- наличие **программного обеспечения**, позволяющего использовать функциональность шифратора.