
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
34.11—
2012

Информационная технология

КРИПТОГРАФИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

Функция хэширования

Издание официальное



Москва
Стандартинформ
2013

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Центром защиты информации и специальной связи ФСБ России с участием Открытого акционерного общества «Информационные технологии и коммуникационные системы» (ОАО «ИнфоТеКС»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 26 «Криптографическая защита информации»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 августа 2012 г. № 216-ст

4 ВЗАМЕН ГОСТ Р 34.11—94

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартиформ, 2013

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины, определения и обозначения	1
3.1 Термины и определения	1
3.2 Обозначения	2
4 Общие положения	3
5 Значения параметров	3
5.1 Инициализационные векторы	3
5.2 Нелинейное биективное преобразование множества двоичных векторов	3
5.3 Перестановка байт	4
5.4 Линейное преобразование множества двоичных векторов	4
5.5 Итерационные константы	4
6 Преобразования	5
7 Функция сжатия	5
8 Процедура вычисления хэш-функции	6
8.1 Этап 1	6
8.2 Этап 2	6
8.3 Этап 3	6
Приложение А (справочное) Контрольные примеры	7
Библиография	18

Введение

Настоящий стандарт содержит описание алгоритма и процедуры вычисления хэш-функции для любой последовательности двоичных символов, которые применяются в криптографических методах защиты информации, в том числе в процессах формирования и проверки электронной цифровой подписи.

Стандарт разработан взамен ГОСТ Р 34.11—94. Необходимость разработки настоящего стандарта вызвана потребностью в создании хэш-функции, соответствующей современным требованиям к криптографической стойкости и требованиям стандарта ГОСТ Р 34.10—2012 к электронной цифровой подписи.

Настоящий стандарт терминологически и концептуально увязан с международными стандартами ИСО 2382—2 [1], ИСО/МЭК 9796 [2—3], серии ИСО/МЭК 14888 [4—7] и серии ИСО/МЭК 10118 [8—11].

П р и м е ч а н и е — Основная часть стандарта дополнена одним приложением:
Приложение А (справочное) Контрольные примеры.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Информационная технология

КРИПТОГРАФИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

Функция хэширования

Information technology. Cryptographic data security. Hash-function

Дата введения — 2013—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет алгоритм и процедуру вычисления хэш-функции для любой последовательности двоичных символов, которые применяются в криптографических методах обработки и защиты информации, в том числе для реализации процедур обеспечения целостности, аутентичности, электронной цифровой подписи (ЭЦП) при передаче, обработке и хранении информации в автоматизированных системах.

Определенная в настоящем стандарте функция хэширования используется при реализации систем электронной цифровой подписи на базе асимметричного криптографического алгоритма по ГОСТ Р 34.10—2012.

Стандарт рекомендуется использовать при создании, эксплуатации и модернизации систем обработки информации различного назначения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 34.10—2012 Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи

П р и м е ч а н и е — При использовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства Российской Федерации по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при использовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и обозначения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 Термины и определения

3.1.1

заполнение (padding): Приписывание дополнительных бит к строке бит.
[ИСО/МЭК 10118-1, статья 3.9]

3.1.2

инициализационный вектор (initializing value): Вектор, определенный как начальная точка работы функции хэширования.
[ИСО/МЭК 10118-1, статья 3.7]

3.1.3

сообщение (message): Строка бит произвольной конечной длины.
[ИСО/МЭК 14888-1, статья 3.10]

3.1.4

функция сжатия (round-function): Итеративно используемая функция, преобразующая строку бит длиной L_1 и полученную на предыдущем шаге строку бит длиной L_2 в строку бит длиной L_2 .
[ИСО/МЭК 10118-1, статья 3.10]

Примечание — В настоящем стандарте понятия «строка бит длиной L » и «двоичный вектор-строка размерности L » считаются тождественными.

3.1.5

хэш-код (hash-code): Строка бит, являющаяся выходным результатом хэш-функции.
[ИСО/МЭК 14888-1, статья 3.6]

3.1.6

хэш-функция (collision-resistant hash-function): Функция, отображающая строки бит в строки бит фиксированной длины и удовлетворяющая следующим свойствам:

- 1) по данному значению функции сложно вычислить исходные данные, отображаемые в это значение;
- 2) для заданных исходных данных сложно вычислить другие исходные данные, отображаемые в то же значение функции;
- 3) сложно вычислить какую-либо пару исходных данных, отображаемых в одно и то же значение.

[ИСО/МЭК 14888-1, статьи 3.2, 3.7]

Примечание — В настоящем стандарте в целях сохранения терминологической преемственности по отношению к действующим отечественным нормативным документам и опубликованным научно-техническим изданиям установлено, что термины «хэш-функция», «криптографическая хэш-функция», «функция хэширования» и «криптографическая функция хэширования» являются синонимами.

3.1.7

электронная цифровая подпись (signature); **ЭЦП**: Строка бит, полученная в результате процесса формирования подписи.
[ИСО/МЭК 14888-1, статья 3.12]

Примечание — В настоящем стандарте в целях сохранения терминологической преемственности по отношению к действующим отечественным нормативным документам и опубликованным научно-техническим изданиям установлено, что термины «электронная подпись», «цифровая подпись» и «электронная цифровая подпись» являются синонимами.

3.2 Обозначения

В настоящем стандарте используются следующие обозначения:

V^*	множество всех двоичных векторов-строк конечной размерности (далее — векторы), включая пустую строку;
$ A $	размерность (число компонент) вектора $A \in V^*$ (если A — пустая строка, то $ A = 0$);
V_n	множество всех n -мерных двоичных векторов, где n — целое неотрицательное число; нумерация подвекторов и компонент вектора осуществляется справа налево, начиная с нуля;

\oplus	операция покомпонентного сложения по модулю 2 двух двоичных векторов одинаковой размерности;
$A B$	конкатенация векторов $A, B \in V^*$, т. е. вектор из $V_{ A + B }$, в котором левый подвектор из $V_{ A }$ совпадает с вектором A , а правый подвектор из $V_{ B }$ совпадает с вектором B ;
A^n	конкатенация n экземпляров вектора A ;
\mathbb{Z}_{2^n}	кольцо вычетов по модулю 2^n ;
\boxplus	операция сложения в кольце \mathbb{Z}_{2^n} ;
$\text{Vec}_n: \mathbb{Z}_{2^n} \rightarrow V_n$	биективное отображение, сопоставляющее элементу кольца \mathbb{Z}_{2^n} его двоичное представление, т. е. для любого элемента z кольца \mathbb{Z}_{2^n} , представленного вычетом $z_0 + 2z_1 + \dots + 2^{n-1}z_{n-1}$, где $z_j \in \{0, 1\}$, $j = 0, \dots, n-1$, выполнено равенство $\text{Vec}_n(z) = z_{n-1} \dots z_1 z_0$;
$\text{Int}_n: V_n \rightarrow \mathbb{Z}_{2^n}$	отображение, обратное отображению Vec_n , т. е. $\text{Int}_n = \text{Vec}_n^{-1}$;
$\text{MSB}_n: V^* \rightarrow V_n$	отображение, ставящее в соответствие вектору $z_{k-1} \dots z_1 z_0$, $k \geq n$, вектор $z_{k-1} \dots z_{k-n+1} z_{k-n}$;
$a = b$	операция присваивания переменной a значения b ;
$\Phi\Psi$	произведение отображений, при котором отображение Ψ действует первым;
M	двоичный вектор, подлежащий хэшированию, $M \in V^*$, $ M < 2^{512}$;
$H: V^* \rightarrow V_n$	функция хэширования, отображающая вектор (сообщение) M в вектор (хэш-код) $H(M)$;
IV	инициализационный вектор функции хэширования, $IV \in V_{512}$.

4 Общие положения

Настоящий стандарт определяет две функции хэширования $H: V^* \rightarrow V_n$ с длинами хэш-кода $n = 512$ бит и $n = 256$ бит.

5 Значения параметров

5.1 Инициализационные векторы

Значение инициализационного вектора IV для функции хэширования с длиной хэш-кода 512 бит равно 0^{512} . Значение инициализационного вектора IV для функции хэширования с длиной хэш-кода 256 бит равно $(00000001)^{64}$.

5.2 Нелинейное биективное преобразование множества двоичных векторов

Нелинейное биективное преобразование множества двоичных векторов V_8 задается подстановкой

$$\pi = \text{Vec}_8 \pi' \text{Int}_8: V_8 \rightarrow V_8, \quad (1)$$

где $\pi': \mathbb{Z}_{2^8} \rightarrow \mathbb{Z}_{2^8}$.

Значения подстановки π' записаны ниже в виде массива $\pi' = (\pi'(0), \pi'(1), \dots, \pi'(255))$:

$\pi' = (252, 238, 221, 17, 207, 110, 49, 22, 251, 196, 250, 218, 35, 197, 4, 77, 233, 119, 240, 219, 147, 46, 153, 186, 23, 54, 241, 187, 20, 205, 95, 193, 249, 24, 101, 90, 226, 92, 239, 33, 129, 28, 60, 66, 139, 1, 142, 79, 5, 132, 2, 174, 227, 106, 143, 160, 6, 11, 237, 152, 127, 212, 211, 31, 235, 52, 44, 81, 234, 200, 72, 171, 242, 42, 104, 162, 253, 58, 206, 204, 181, 112, 14, 86, 8, 12, 118, 18, 191, 114, 19, 71, 156, 183, 93, 135, 21, 161, 150, 41, 16, 123, 154, 199, 243, 145, 120, 111, 157, 158, 178, 177, 50, 117, 25, 61, 255, 53, 138, 126, 109, 84, 198, 128, 195, 189, 13, 87, 223, 245, 36, 169, 62, 168, 67, 201, 215, 121, 214, 246, 124, 34, 185, 3, 224, 15, 236, 222, 122, 148, 176, 188, 220, 232, 40, 80, 78, 51, 10, 74, 167, 151, 96, 115, 30, 0, 98, 68, 26, 184, 56, 130, 100, 159, 38, 65, 173, 69, 70, 146, 39, 94, 85, 47, 140, 163, 165, 125, 105, 213, 149, 59, 7, 88, 179, 64, 134, 172, 29, 247, 48, 55, 107, 228, 136, 217, 231, 137, 225, 27, 131, 73, 76, 63, 248, 254, 141, 83,$

170, 144, 202, 216, 133, 97, 32, 113, 103, 164, 45, 43, 9, 91, 203, 155, 37, 208, 190, 229, 108, 82, 89, 166, 116, 210, 230, 244, 180, 192, 209, 102, 175, 194, 57, 75, 99, 182).

5.3 Перестановка байт

Значения перестановки τ , заданной на множестве $\{0, \dots, 63\}$, записаны ниже в виде массива $\tau = (\tau(0), \tau(1), \dots, \tau(63))$:

$\tau = (0, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 1, 9, 17, 25, 33, 41, 49, 57, 2, 10, 18, 26, 34, 42, 50, 58, 3, 11, 19, 27, 35, 43, 51, 59, 4, 12, 20, 28, 36, 44, 52, 60, 5, 13, 21, 29, 37, 45, 53, 61, 6, 14, 22, 30, 38, 46, 54, 62, 7, 15, 23, 31, 39, 47, 55, 63)$.

5.4 Линейное преобразование множества двоичных векторов

Линейное преобразование / множества двоичных векторов V_{64} задается умножением справа на матрицу A над полем $GF(2)$, строки которой записаны ниже последовательно в шестнадцатеричном виде. Строка матрицы с номером j , $j = 0, \dots, 63$, записанная в виде $a_{j,15} \dots a_{j,0}$, где $a_{j,i} \in \mathbb{Z}_{16}$, $i = 0, \dots, 15$, есть $\text{Vec}_4(a_{j,15}) \parallel \dots \parallel \text{Vec}_4(a_{j,0})$.

8e20faa72ba0b470	47107ddd9b505a38	ad08b0e0c3282d1c	d8045870ef14980e
6c022c38f90a4c07	3601161cf205268d	1b8e0b0e798c13c8	83478b07b2468764
a011d380818e8f40	5086e740ce47c920	2843fd2067adea10	14aff010bdd87508
0ad97808d06cb404	05e23c0468365a02	8c711e02341b2d01	46b60f011a83988e
90dab52a387ae76f	486dd4151c3dfdb9	24b86a840e90fd2	125c354207487869
092e94218d243cba	8a174a9ec8121e5d	4585254f64090fa0	accc9ca9328a8950
9d4df05d5f661451	c0a878a0a1330aa6	60543c50de970553	302a1e286fc58ca7
18150f14b9ec46dd	0c84890ad27623e0	0642ca05693b9f70	0321658cba93c138
86275df09ce8aaa8	439da0784e745554	afc0503c273aa42a	d960281e9d1d5215
e230140fc0802984	71180a8960409a42	b60c05ca30204d21	5b068c651810a89e
456c34887a3805b9	ac361a443d1c8cd2	561b0d22900e4669	2b838811480723ba
9bcf4486248d9f5d	c3e9224312c8c1a0	effa11af0964ee50	f97d86d98a327728
e4fa2054a80b329c	727d102a548b194e	39b008152acb8227	9258048415eb419d
492c024284fbaec0	aa16012142f35760	550b8e9e21f7a530	a48b474f9ef5dc18
70a6a56e2440598e	3853dc371220a247	1ca76e95091051ad	0edd37c48a08a6d8
07e095624504536c	8d70c431ac02a736	c83862965601dd1b	641c314b2b8ee083

Здесь в одной строке записаны четыре строки матрицы A , при этом в строке с номером i , $i = 0, \dots, 15$, записаны строки матрицы A с номерами $4i + j$, $j = 0, \dots, 3$, в следующем порядке (слева направо):

$4i + 0, 4i + 1, 4i + 2, 4i + 3$.

Результат умножения вектора $b = b_{63} \dots b_0 \in V_{64}$ на матрицу A есть вектор $c \in V_{64}$:

$$c = b_{63}(\text{Vec}_4(a_{0,15}) \parallel \dots \parallel \text{Vec}_4(a_{0,0})) \oplus \dots \oplus b_0(\text{Vec}_4(a_{63,15}) \parallel \dots \parallel \text{Vec}_4(a_{63,0})), \quad (2)$$

где $b_j(\text{Vec}_4(a_{63-i,15}) \parallel \dots \parallel \text{Vec}_4(a_{63-i,0})) = \begin{cases} 0^{64}, & \text{если } b_j = 0, \\ \text{Vec}_4(a_{63-i,15}) \parallel \dots \parallel \text{Vec}_4(a_{63-i,0}), & \text{если } b_j = 1, \end{cases}$

для всех $i = 0, \dots, 63$.

5.5 Итерационные константы

Итерационные константы записаны в шестнадцатеричном виде. Значение константы, записанное в виде $a_{127} \dots a_0$, где $a_i \in \mathbb{Z}_{16}$, $i = 0, \dots, 127$, есть $\text{Vec}_4(a_{127}) \parallel \dots \parallel \text{Vec}_4(a_0)$:

$C_1 = \text{b1085bda1ecadae9ebcb2f81c0657c1f2f6a76432e45d016714eb88d7585c4fc4b7ce09192676901a2422a08a460d31505767436cc744d23dd806559f2a64507};$
 $C_2 = \text{6fa3b58aa99d2f1a4fe39d460f70b5d7f3feea720a232b9861d55e0f16b501319ab5176b12d699585cb561c2db0aa7ca55dda21bd7cbcd56e679047021b19bb7};$
 $C_3 = \text{f574dcac2bce2fc70a39fc286a3d843506f15e5f529c1f8bf2ea7514b1297b7bd3e20fe490359eb1c1c93a376062db09c2b6f443867adb31991e96f50aba0ab2};$
 $C_4 = \text{ef1fdfb3e81566d2f948e1a05d71e4dd488e857e335c3c7d9d721cad685e353fa9d72c82ed03d675d8b71333935203be3453eaa193e837f1220cbebc84e3d12e};$
 $C_5 = \text{4bea6bacad4747999a3f410c6ca923637f151c1f1686104a359e35d7800ffbdbfcd1747253af5a3dfff00b723271a167a56a27ea9ea63f5601758fd7c6cfe57};$
 $C_6 = \text{ae4faeae1d3ad3d96fa4c33b7a3039c02d66c4f95142a46c187f9ab49af08ec6cfaa6b71c9ab7b40af21f66c2becb6bf71c57236904f35fa68407a46647d6e};$
 $C_7 = \text{f4c70e16eeaac5ec51ac86febf240954399ec6c7e6bf87c9d3473e33197a93c90992abc52d822c3706476983284a05043517454ca23c4af38886564d3a14d493};$
 $C_8 = \text{9b1f5b424d93c9a703e7aa020c6e41414eb7f8719c36de1e89b4443b4ddbc49af4892bcb929b069069d18d2bd1a5c42f36acc2355951a8d9a47f0dd4bf02e71e};$
 $C_9 = \text{378f5a541631229b944c9ad8ec165fde3a7d3a1b258942243cd955b7e00d0984800a440bdbb2ceb17b2b8a9aa6079c540e38dc92cb1f2a607261445183235adb};$
 $C_{10} = \text{abbedea680056f52382ae548b2e4f3f38941e71cff8a78db1ffe18a1b3361039fe76702af69334b7a1e6c303b7652f43698fad1153bb6c374b4c7fb98459ced};$
 $C_{11} = \text{7bcd9ed0efc889fb3002c6cd635afe94d8fa6bbbebab076120018021148466798a1d71efea48b9caefbacd1d7d476e98dea2594ac06fd85d6bcaa4cd81f32d1b};$
 $C_{12} = \text{378ee767f11631bad21380b00449b17acda43c32bcd1d77f82012d430219f9b5d80ef9d1891cc86e71da4aa88e12852faf417d5d9b21b9948bc924af11bd720}.$

6 Преобразования

При вычислении хэш-кода $H(M)$ сообщения $M \in V^*$ используются следующие преобразования:

$$X[k]: V_{512} \rightarrow V_{512}, X[k](a) = k \oplus a, k, a \in V_{512}; \quad (3)$$

$$S: V_{512} \rightarrow V_{512}, S(a) = S(a_{63}||\dots||a_0) = \pi(a_{63}||\dots||\pi(a_0)), \quad (4)$$

где $a = a_{63}||\dots||a_0 \in V_{512}$, $a_i \in V_8$, $i = 0, \dots, 63$;

$$P: V_{512} \rightarrow V_{512}, P(a) = P(a_{63}||\dots||a_0) = a_{\pi(63)}||\dots||a_{\pi(0)}, \quad (5)$$

где $a = a_{63}||\dots||a_0 \in V_{512}$, $a_i \in V_8$, $i = 0, \dots, 63$;

$$L: V_{512} \rightarrow V_{512}, L(a) = L(a_7||\dots||a_0) = l(a_7)||\dots||l(a_0), \quad (6)$$

где $a = a_7||\dots||a_0 \in V_{512}$, $a_i \in V_{64}$, $i = 0, \dots, 7$.

7 Функция сжатия

Значение хэш-кода сообщения $M \in V^*$ вычисляется с использованием итерационной процедуры. На каждой итерации вычисления хэш-кода используется функция сжатия:

$$g_N: V_{512} \times V_{512} \rightarrow V_{512}, N \in V_{512}, \quad (7)$$

значение которой вычисляется по формуле

$$g_N(h, m) = E(LPS(h \oplus N), m) \oplus h \oplus m, \quad (8)$$

где $E(K, m) = X[K_{13}]LPSX[K_{12}] \dots LPSX[K_2]LPSX[K_1](m)$.

Значения $K_i \in V_{512}$, $i = 1, \dots, 13$, вычисляются следующим образом:

$$K_1 = K; \quad (9)$$

$$K_i = LPS(K_{i-1} \oplus C_{i-1}), i = 2, \dots, 13. \quad (10)$$

Для краткости вместо g_{0512} будем использовать обозначение g_0 .

8 Процедура вычисления хэш-функции

Исходными данными для процедуры вычисления хэш-кода $H(M)$ является подлежащее хэшированию сообщение $M \in V^*$ и $IV \in V_{512}$ -инициализационный вектор.

Алгоритм вычисления функции H состоит из следующих этапов.

8.1 Этап 1

Присвоить начальные значения текущих величин:

1.1 $h := IV$;

1.2 $N := 0^{512} \in V_{512}$;

1.3 $\Sigma := 0^{512} \in V_{512}$;

1.4 Перейти к этапу 2.

8.2 Этап 2

2.1 Проверить условие $|M| < 512$.

При положительном исходе перейти к этапу 3.

В противном случае выполнить последовательность вычислений по 2.2—2.7.

2.2 Вычислить подвектор $m \in V_{512}$ сообщения M : $M = M' || m$. Далее выполнить последовательность вычислений:

2.3 $h := g_N(h, m)$.

2.4 $N := \text{Vec}_{512}(\text{Int}_{512}(N) \boxplus 512)$.

2.5 $\Sigma := \text{Vec}_{512}(\text{Int}_{512}(\Sigma) \boxplus \text{Int}_{512}(m))$.

2.6 $M := M'$.

2.7 Перейти к шагу 2.1.

8.3 Этап 3

3.1 $m := 0^{511-|M|} || 1 || M$.

3.2 $h := g_N(h, m)$.

3.3 $N := \text{Vec}_{512}(\text{Int}_{512}(N) \boxplus |M|)$.

3.4 $\Sigma := \text{Vec}_{512}(\text{Int}_{512}(\Sigma) \boxplus \text{Int}_{512}(|M|))$.

3.5 $h := g_0(h, N)$.

3.6 $h := \begin{cases} g_0(h, \Sigma), & \text{для функции хэширования с длиной хэш-кода 512 бит;} \\ \text{MSB}_{256}(g_0(h, \Sigma)), & \text{для функции хэширования с длиной хэш-кода 256 бит.} \end{cases}$

3.7 Конец работы алгоритма

Значение величины h , полученное на шаге 3.6, является значением функции хэширования $H(M)$.

$$LPS(K_1 \oplus C_1) =$$

d0b00807642fd78f13f2c3ebc774e80de0e902d23aef2ee9a73d010807dae9c188be14f0b2da27973569cd2ba051301036f728bd1d7eec33f4d18af70c46cf1e.

Итерация 2

$K_2 =$ d0b00807642fd78f13f2c3ebc774e80de0e902d23aef2ee9a73d010807dae9c188be14f0b2da27973569cd2ba051301036f728bd1d7eec33f4d18af70c46cf1e,

$$LPSX[K_2] \dots LPSX[K_1](m) =$$

18e77571e703d19548075c574ce5e50e0480c9c5b9f21d45611ab86cf32e352ad91854ea7df8f863d46333673f62ff2d3efa e1cd966f8e2a74ce49902799aad4.

Итерация 3

$K_3 =$ 9d4475c7899f2d0bb0e8b7dac6ef6e6b44ecf66716d3a0f16681105e2d13712a1a9387ecc257930e2d61014a1b5c9fc9e24e7d636eb1607e816dbaf927b8fca9,

$$LPSX[K_3] \dots LPSX[K_1](m) =$$

03dc0a9c64d42543ccdb62960d58c17e0b5b805d08a07406ece679d5f82b70fea22a7ea56e21814619e8749b308214575489d4d465539852cd4b0cd3829bef39.

Итерация 4

$K_4 =$ 5c283daba5ec1f233b8c833c48e1c670dae2e40cc4c3219c73e58856bd96a72fd9f8055ffe3c004c8cde3b8bf78f95f3370d0a3d6194ac5782487defd83ca0f,

$$LPSX[K_4] \dots LPSX[K_1](m) =$$

dbec312ea7301b0d6d13e43855e85db81608c780c43675bc93cfd82c1b4933b3898a35b13e1878abe119e4dff9de4889738ca74d064cd9eb732078c1fb25e04.

Итерация 5

$K_5 =$ 109f33262731f9bd569cbc9317baa551d4d2964fa18d42c41fab4e37225292ec2fd97d7493784779046388469ae195c436fa7cba93f8239ceb5ffc818826470c,

$$LPSX[K_5] \dots LPSX[K_1](m) =$$

7fb3f15718d90e889f9fb7c38f527bec861c298afb9186934a93c9d96ade20df109379bb9c1a1ffd0ad81fce7b45ccd54501e7d127e32874b5d7927b032de7a1.

Итерация 6

$K_6 =$ b32c9b02667911cf8f8a0877be9a170757e25026ccf41e67c6b5da70b1b874743e1135cfbefe244237555c676c153d99459bc382573aee2d85d30d99f286c5e7,

$$LPSX[K_6] \dots LPSX[K_1](m) =$$

95efa4e104f235824bae5030fe2d0f170a38de3c9b8fc6d8fa1a9adc2945c413389a121501fa71a65067916b0c06f6b87ce18de1a2a98e0a64670985f47d73f1.

Итерация 7

$K_7 =$ 8a13c1b195fd0886ac49989e7d84b08bc7b00e4f3f62765ece6050fcbabdc2346c8207594714e8e9c9c7aad694edc922d6b01e17285eb7e61502e634559e32f1,

$$LPSX[K_7] \dots LPSX[K_1](m) =$$

7ea4385f7e5e40103bfb25c67e404c7524eec43e33b1d06557469c604985430432b43d941b77ffd476103338e9bd5145d9c1e18b1f262b58a81dceffff6cf6535.

Итерация 8

$K_8 =$ 52sec3b11448bb8617d0ddfb9c926f2e88730cb9179d6decea5acbfdd323ec3764c47f7a9e13bb1db56c342034773023d617ff01cc546728e71dff8de5d128cac,

$$LPSX[K_8] \dots LPSX[K_1](m) =$$

b2426da0e58d5cfe898c36e797993f902531579d8ecc59f8dd8a60802241a4561f290cf992eb398894424bf681636968c167e870967b1dd9047293331956daba.

Итерация 9

$K_9 =$ f38c5b79477e7736d502007a05ea64a4eb9c243cb82154aa138b963bbb7f28e74d4d710445389671291d70103f48fd4d4c01fc415e3fb7dc61c6088afa1a1e735,

$$LPSX[K_9] \dots LPSX[K_1](m) =$$

5e0c9978670b25912dd1ede5bdd1cf18ed094d14c6d973b731d50570d0a9bca215415a15031fd20ddefb5bc61b96671d6902f49df4d2fd346ceebda9431cb075.

Итерация 10

$K_{10} = 0740b3faa03ed39b257dd6e3db7c1bf56b6e18e40cdaabd30617cecbadd618ea5e61bb4654599581dd30c24c1ab877ad0687948286cfefaa7eef99f6068b315$.

$$LPSX[K_{10}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

c1ddd840fe491393a5d460440e03bf451794e792c0c629e49ab0c1001782dd37691cb6896f3e00b87f71d37a584c35b9cd8789fad55a46887e5b60e124b51a61

Итерация 11

$K_{11} = 185811cf3c2633aec8cfdcae9dbb29347011bf92b95910a3ad71e5fca678e45e374f088f2e5c29496e9695ce8957837107bb3aa56441af11a82164893313116.$

$$LPSX[K_{1,1}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

3f75beaf2911c35d575088e30542b689c85b6b1607f8b800405941f5ab7042847b9b08b58b4fbdd6154ed7b366fd3ee778ce647726ddb3c7d48c8ce8866a8435.

Итерация 12

$K_{12} = 9d46bf66234a7ed06c3b2120d2a3f15e0fedd87189b75b3cd2f206906b5ee00dc9a1eab800fb8cc5760b251fd4b5cdef427052fa345613fd076451901279ee4c.$

$$LPSX[K_{12}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

f35b0d889eadfcff73b6b17f33413a97417d96f0c4cc9d30cda8ebb7dcd5d1b0 61e620bac75b367370605f474ddc006003bec4c4d7ce59a73f6e6766934c55a2.

Итерация 13

$K_{13} = 0f79104026b900d8d768b6e223484c9761e3c585b3a405a6d2d8565ada926c3f7782ef127cd6b98290bf612558b4b60aa3cbc28fd94f95460d76b621cb45be70.$

$$X[K_{13}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

fc221dc8b814fc27a4de079d10097600209e5375776898961f70bded0647bd8f1664cfa8bb8d8ff1e0df3e621568b66aa075064b0e81cce132c8d1475809ebd2

Результат выполнения преобразования $g_N(h, m)$:

$h = \text{fd102cf8812ccb1191ea34af21394f3817a86641445aa9a626488adb33738ebd2754f6908cbbbac5d3ed0f522c50815c954135793bf1f5d905fee4736b3bdae2}$

Изменяются значения переменных N и Σ :

[illegible]

$\Sigma = 0132313039383736353433323130393837363534333231303938373635343332313039383736353433323130$

Результат выполнения преобразования $g_n(h, N)$:

h = 5c881fd924695cf196c2e4fec20d14b642026f2a0b1716ebaabb7067d4d597523d2db69d6d3794622147a14f19a66e7f9037e1d662d34501a8901a5de7771d7c.

Результат выполнения преобразования $g_n(h, \Sigma)$:

$h = 486f64c1917879417f082b3381a4e211c324f074654c38823a7b76f830ad00fa1fbae42b1285c0352f227524bc9ab16254288dd6863dccc5b9f54a1ad0541b.$

Хэш-кодом сообщения M_1 является значение

$H(M_1) = 486f64c1917879417fef082b3381a4e211c324f074654c38823a7b76f830ad00fa1fbae42b1285c0352f227524bc9ab16254288dd6863dccc5b9f54a1ad0541b.$

А.1.2 Для функции хэширования с длиной хэш-кода 256 бит

Присваиваются значения:

$$h := IV = (00000001)^{64};$$

$$N := 0^{512};$$

$$\Sigma := 0^{512}$$

Длина сообщения $|M_1| = 504 < 512$, поэтому происходит заполнение неполного блока:

$m := 013231303938373635343332313039383736353433323130393837363534333231303938373635343332313039383736353433323130$.

Вычисляется значение $K := LPS(h \oplus N) = LPS((00000001)^{64})$.

После преобразования S:

$$S(h \oplus N) =$$

[illegible]

после преобразования P :

$$PS(h \oplus N) =$$

```

#####
#####

```

после преобразования L :

$$K = LPS(h \oplus N) =$$

[illegible]

Затем выполняется преобразование $E(K, m)$:

Итерация 1

[illegible]

$$X[K_1](m) =$$

22f7df708943682316f1dd72814b662d14f3db7483496e251afdd976854f6c2712f5d778874d6a2110f7df708943682316f1d
d72814b662d14f3db7483496e251

$$SX[K_1](m) =$$

65c061327951f35a99a6d819f5a29a0193d290ffa92ab25cf14b538aa8cc9d21f0f4fe6dc93a7818e9c061327951f35a99a6d819f5a29a0193d290ffa92ab25c,

$$PSX[K_1](m) =$$

659993f1f0e99993c0a6d24bf4c0a6d261d89053fe61d8903219ff8a6d3219ff79f5a9a8c979f5a951a22acc3a51a22af39ab29d78f39ab25a015c21185a015c

$$LPSX[K_1](m) =$$

e549368917a0a2611d5e08c9c2fd5b3c563f18c0f68c410d84ae9d5fbdfb934055650121b7aa6d7b3e7d09d46ac4358adaa6ae44fa3b0402c4166d2c3eb2ef02.

$$K_1 \oplus C_1 =$$

92cdb59aaeb185fcc80ec1c1701e230a0caf98039e3e8f03528b56cdc5fe9be968b90ed1221c36148187c448141b8c0026b39a767c0f1236fe458b1942dd1a12,

$$S(K_1 \oplus C_1) =$$

ecd95e282645a83930045858325f5afa2341dc110ad303110ef676d9ac63509bf3a3041b65148f93f5c986f293bb7cfcef92288ac34df08f63c8f6362cd8f1f0.

$$PS(K_1 \oplus C_1) =$$

ec30230ef3f5ef63d90441f6a3c992c85e58dc76048628f6285811d91bf28a3626320aac6593c32c455fd36314bb4dd8a85a03508f7cf0f139fa119b93fc8ff0

$$LPS(K_1 \oplus C_1) =$$

18ee8f3176b2ebea3bd6cb8233694cea349769df88be26bf451cfab6a904a549da22de93a66a66b19c7e6b5eea633511e611d68c8401bfcd0c7d0cc39d4a5eb9.

Итерация 2

$K_2 = 18\text{ee}8\text{f}3176\text{b}2\text{e}\text{bea}3\text{b}6\text{c}8233694\text{cea}349769\text{d}\text{f}88\text{be}26\text{bf}451\text{cfab}6\text{a}904\text{a}549\text{da}22\text{de}93\text{a}66\text{a}66\text{b}19\text{c}7\text{e}6\text{b}5\text{ee}$
 $\text{a}633511\text{e}611\text{d}68\text{c}8401\text{b}\text{fcd}0\text{c}7\text{d}0\text{cc}39\text{d}4\text{a}5\text{eb}9.$

$$LPSX[K_2]LPSX[K_1](m) =$$

c502dab7e79eb94013fcd1ba64def3b916f18b63855d43d22b77fca1452f9866c2b45089c62e9d82edf1ef45230db9a23c9e1c521113376628a5f6a5dbc041b2

Итерация 3

$K_3 = \text{aaa4cf31a265959157aec8ce91e7fd46bf27dee21164c5e3940bba1a519e9d1fce0913f1253e7757915000cd674be12cc7f68e73ba26fb00fd74af4101805f2d,}$

$$LPSX[K_3] \dots LPSX[K_1](m) =$$

8e5a4fe41fc790af29944f027aa2f10105d65cf60a66e442832bb9ab5020dc54772e36b03d4b9aa471037212cde93375226552392ef4d83010a007e1117a07b5.

Итерация 4

$K_4 = 61\text{fe}0\text{a}65\text{cc}177\text{af}50235\text{e}2\text{afadd}326\text{a}5329\text{a}2236747\text{bf}8\text{a}54228\text{ae}c\text{a}9\text{c}4585\text{cd}801\text{ea}9\text{dd}743\text{a}0\text{d}98\text{d}01\text{ef}0602\text{b}0\text{e}332067\text{fb}5\text{ddd}6\text{ac}1568200311920839286$.

$$LPSX[K_4] \dots LPSX[K_1](m) =$$

```

    def __init__(self, x, y, z):
        self.x = x
        self.y = y
        self.z = z
        self.id = hashlib.sha256(f'{self.x}{self.y}{self.z}'.encode()).hexdigest()

```

Итерация 5

$K_5 = 9983685f4d3636f1fd5abb75fbf26a8e2934314aa2ecb3ee4693c86c06c7d4e169bd540af75e1610a546acd63d960bad595394cc199bf6999a5d5309fe73d5a,$

$$LPSX[K_5] \dots LPSX[K_1](m) =$$

675ea894d326432e1af7b201bc369f8ab021f6fa58da09678ffc08ef30db43a37f1f7347cb77da0f6ba30c85848896c3bac240ab14144283518b89a33d0caf07.

Итерация 6

$K_6 = f05772ae2ce7f025156c9a7fbcc6b8bdf1e735d613946e32922994e52820ffa62615d907eb0551ad170990a86602088af98c83c22cdb0e2be297c13c0f7a156,$

$$LPSX[K_6] \dots LPSX[K_1](m) =$$

1bc204bf9506ee9b86bbcf82d254a112aea6910b6db3805e399cb718d1b3319964459516967cee4e648e8cfbf81f56dc8da6811c469091be5123e6a1d5e28c73.

Итерация 7

$K_7 = 5ad144c362546e4e46b3e7688829fbb77453e9c3211974330b2b8d0e6be2b5acc89eb6b35167f159b7b005a43e5959a651a9b18cfc8e4098f03d9b81cfbb8d,$

$$LPSX[K_7] \dots LPSX[K_1](m) =$$

f30d791ed78bdee819022a3d78182242124efcdd54e203f23fb2dc7f94338ff955a5afc15ffef03165263c4fdb36933aa982016471fbac9419f892551e9e568b.

Итерация 8

$K_8 = 6a6ссс9a1ba20a8db64fa840b934352b518c638ed530122a83332fe0b8efdac9018287e5a9f509c78d6c746adc5426fb0a0ad5790dfb73fc1f191a539016daa,$

$$LPSX[K_8] \dots LPSX[K_1](m) =$$

1fc20f1e91a1801a4293d3f3aa9e91560fcc3810bb15f3ee9741c9b87452519f67cb9145519884a24de6db736a5cb1430da7458e5e51b80be5204ba5b2600177.

Итерация 9

$K_9 = 99217036737aa9b38a8d6643f705bd51f351531f948f0fc5e35fa35fee9dd8bdbb4c9d580a224e9cd82e0e2069fc49ed367d5f94374433582b8fb6a8f5dd0409,$

$$LPSX[K_9] \dots LPSX[K_1](m) =$$

1a52f09d1e81515a36171e0b1a2809c50359bed90f2e78cbd89b7d4afa6d046655c96bdae6ee97055cc7e857267c2ccf28c8f5dd95ed58a9a68c12663bb28967.

Итерация 10

$K_{10} = 906763c0fc89fa1ae69288d8ec9e9dda9a7630e8bfd6c3fed703c35d2e62aeaff0b35d80a7317a7f76f83022f2526791ca8dfd6f78fcb337bd74fe5393ccb05d2,$

$$LPSX[K_{10}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

764043744a0a93687e65aba8cfc25ec8714fb8e1bdc9ae2271e7205eaaa577c1b3b83e7325e50a19bd2d56b061b5de39235c9c9fd95e071a1a291a5f24e8c774.

Итерация 11

$K_{11} = 88ce996c3618e6404a5c8e03ee433854e2ae3eee68991bbbff3c29d38dadbd6ed6a1dae9a6dc6dd52ce34af272f96d3159c8c624c3fe6e13d695c0bfc89add5,$

$$LPSX[K_{11}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

9b1ce8ff26b445cb288c0aeeccf84658eea91dbdf14828bf70110a5c9bd146cd9646350cff4e90e7b63c5cc325e9b441081935f282d4648d9584f7186053f803b.

Итерация 12

$K_{12} = 3e0a281ea9bd46063eec550100576f3a506aa168cf82915776b978fcca32f38b55f30c79982ca45628e8365d8798477e75a49c68199112a1d7b5a0f7655f2db,$

$$LPSX[K_{12}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

133aeecede251eb81914b8ba48dcbcb0b8a6fc3a292cc49043cd3346b3f0829a9cb71ecff25ed2a91bdcff8f649907c110cb76ff2e43100cdd4ba8a147a572f5.

Итерация 13

$K_{13} = \text{f0b273409eb31aebe432fbae1867212262c848422b6a92f93f6cbab54ed18b8314b21cfff51e3fa319ff433e76ef6adb0ef9f5e03c907fa1fcf9eca06500bf03}$.

$$X[K_{13}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

Результат выполнения преобразования $g_M(h, m)$:

h = e3bbadb7f8af3264c9137127608aa510de90ba4d3075665844965fb611dbb1998d48552a0c0ce6bcb71bc802a4f5b2d2a07b12c22e25794178570341096fdc7.

Изменяются значения переменных N и Σ :

[illegible]

$\Sigma = 013231303938373635343332313039383736353433323130393837363534333231303938373635343332313039383736353433323130$

Результат выполнения преобразования $q_0(h, N)$:

h = 70f22bada4cfe18a6a56ec4b3f328cd40db8e1bf8a9d5f711d5efab11191279d715aab7648d07eddbf87dc79c80516e6ffc9cbcf5678b0ac29ea00fa85c8173cc6

Результат выполнения преобразования $g_0(h, \Sigma)$:

h = 00557be5e584fd52a449b16b0251d05d27f94ab76cbaa6da890b59d8ef1e159d2088e482e2acf564e0e9795a51e4dd261f3f667985a2fcc40ac8631faca1709a.

Хэш-кодом сообщения M_1 является значение:

$$H(M_1) = 00557be5e584fd52a449b16b0251d05d27f94ab76cbaa6da890b59d8ef1e159d.$$

А.2 Пример 2

Пусть необходимо вычислить хэш-код сообщения

$M_2 = \text{fbc2e5f0eee3c820fbaefaebebf20ffbf0e1e0f0f520e0ed20e8ece0ebe5f0f2f120fff0eeec20f120faf2fee5e2202ce8f6f3ede220e8e6eee1e8f0fd1202ce8f0f2e5e220e5d1}$.

A.2.1 Для функции хэширования с длиной хэш-кода 512 бит

Присваиваются значения:

$$h := IV = 0^{512}.$$

$$N := 0^{512};$$

$$\Sigma := 0^{512}.$$

Длина сообщения $|M_2| = 576 > 512$, поэтому сначала преобразуется часть сообщения

```
m := fbeafaebef20ffbf2e1e0f0f520e0ed20e8ece0ebe5f0f2f120fff0eeec20f120faf2fee5e2202ce8f6f3ede220e8e6e
ee1e8f0f2d1202ce8f0f2e5e220e5d1.
```

Вычисляется значение $K := LPS(h \oplus N) = LPS(0^{512})$.

После преобразования S :

$$S(h \oplus N) =$$

[illegible]

$$PS(h \oplus N) =$$

[illegible]

$$LPS(h \oplus N) =$$

[illegible]

Затем выполняется преобразование $E(K, m)$:

Итерация 1

$K_1 = \text{b383fc2eced4a574b383fc2eced4a574b383fc2eced4a574b383fc2eced4a574b383fc2eced4a574b383fc2eced4a574}$

$$X[K_1](m) =$$

486906c521f45a8f43621cde3bf44599936b10ce2531558642a303de2038858593790ed02b3685585b750fc32cf44d925d6214de3c0585585b730ecb2cf440a5.

$$SX[K_1](m) =$$

f29131ac18e613035196148598e6c8e8de6fe9e75c840c432c731185f906a8a8de5404e1428fa8bf47354d408be63aecb79693857f6ea8bf473d04e48be6eb00.

$$PSX[K_1](m) =$$

f251de2cde47b74791966f735435963d3114e911044d9304ac85e785e14085e418985cf9428b7f8be6e684068fe66ee613c80ca8a83aa8eb03e843a8bfecbf00,

$$LPSX[K_1](m) =$$

909aa733e1f52321a2fe35bf8f67e92fbc70ef544709d5739d8faaca4acf126e83e273745c25b7b8f4a83a7436f6353753cbbe492262cd3a868eace0104af1,

$$K_1 \oplus C_1 =$$

028ba7f4d01e7f9d5848d3af0eb1d96b9ce98a6de0917562c2cd44a3bb516188f8ff1cbf5cb3cc7511c1d6266ab47661b6f5881802a0e8576e0399773c72e073,

$$S(K_1 \oplus C_1) =$$

ddf644e6e15f5733bff249410445536f4e9bd69e200f3596b3d9ea737d70a1d7d1b6143b9c9288357758f8ef78278aa155f4d717dda7cb12b211e87e7f19203d,

$$PS(K_1 \oplus C_1) =$$

ddbf4eb3d17755b2f6f29bd9b658f4114449d6ea14f8d7e8e6419e733bef177ee104207d9c78dd7f5f450f709227a719575335a1888acb20336f96d735a1123d,

$$LPS(K_1 \oplus C_1) =$$

d0b00807642fd78f13f2c3ebc774e80de0e902d23aef2ee9a73d010807dae9c188be14f0b2da27973569cd2ba051301036f728bd1d7eec33f4d18af70c46cf1e.

Итерация 2

$K_2 =$ d0b00807642fd78f13f2c3ebc774e80de0e902d23aef2ee9a73d010807dae9c188be14f0b2da27973569cd2ba051301036f728bd1d7eec33f4d18af70c46cf1e,

$$LPSX[K_2]LPSX[K_1](m) =$$

301aadd761d13df0b473055b14a2f74a45f408022aecd4d5f19cab8228883a021ac0b62600a495950c628354f9ce1161c68b7be7e0c58af090ce6b45e49f16.

Итерация 3

$K_3 =$ 9d4475c7899f2d0bb0e8b7dac6ef6e6b44ecf66716d3a0f16681105e2d13712a1a9387ecc257930e2d61014a1b5c9fc9e24e7d636eb1607e816dbaf927b8fca9,

$$LPSX[K_3] \dots LPSX[K_1](m) =$$

9b83492b9860a93cbca1c0d8e0ce59db04e10500a6ac85d4103304974e78d32259ceff03fbb353147a9c948786582df78a34c9bde3f72b3ca41b9179c2cceeef3.

Итерация 4

$K_4 =$ 5c283daba5ec1f233b8c833c48e1c670dae2e40cc4c3219c73e58856bd96a72fd9f8055ffe3c004c8cde3b8bf78f95f3370d0a3d6194ac5782487defd83ca0f,

$$LPSX[K_4] \dots LPSX[K_1](m) =$$

e638e0a1677cdea107ec3402f70698a4038450dab44ac7a447e10155aa33ef1bdaf8f49da7b66f3e05815045fbd39c991cb0dc536e09505fd62d3c2cd00b0f57.

Итерация 5

$K_5 =$ 109f33262731f9bd569cbc9317baa551d4d2964fa18d42c41fab4e37225292ec2fd97d7493784779046388469ae195c436fa7cba93f8239ceb5ffc818826470c,

$$LPSX[K_5] \dots LPSX[K_1](m) =$$

1c7c8e19b2bf443eb3adc0c787a52a173821a97bc5a8efea58fb8b27861829f6dd5ff9c97865e08c1ac66f47392b578e21266e323a0aacdeec3ef0314f517c6.

Итерация 6

$K_6 =$ b32c9b02667911cf8f8a0877be9a170757e25026ccf41e67c6b5da70b1b874743e1135cfbefe244237555c676c153d99459bc382573aee2d85d30d99f286c5e7,

$$LPSX[K_6] \dots LPSX[K_1](m) =$$

48fecfc5b3eb77998fb39bfcccd128cd42fccb714221be1e675a1c6fdde7e31198b318622412af7e999a3eff45e6d61609a7f2ae5c2ff1ab7ff3b37be7011ba2.

Итерация 7

$K_7 =$ 8a13c1b195fd0886ac49989e7d84b08bc7b00e4f3f62765ece6050fcbabdc2346c8207594714e8e9c9c7aad694edc922d6b01e17285eb7e61502e634559e32f1,

$$LPSX[K_7] \dots LPSX[K_1](m) =$$

a48f8d781c2c5be417ae644cc2e15a9f01fcead3232e5bd53f18a5ab875cce1b8a1a400cf48521c7ce27fb1e94452fb54de23118f53b364ee633170a62f5a8a9.

Итерация 8

$K_8 = 52\text{cec}3\text{b}11448\text{bb}8617\text{d}0\text{ddfb}c926\text{f}2\text{e}88730\text{cb}9179\text{d}6\text{dece}a5\text{acb}f\text{d}323\text{ec}3764\text{c}47\text{f}7\text{a}9\text{e}13\text{bb}1\text{db}56\text{c}342034773023\text{d}617\text{ff}01\text{cc}546728\text{e}71\text{d}f\text{f}8\text{de}5\text{d}128\text{cac}.$

$$LPSX[K_8] \dots LPSX[K_1](m) =$$

e8a31b2e34bd2ae21b0ecf29cc4c37c75c4d11d9b82852517515c23e81e906a451b72779c3087141f1a15ab57f96d7da6c7ee38ed25befbdef631216356ff59c.

Итерация 9

$K_9 = \text{f38c5b7947e773d502007a05ea64a4eb9c243cb82154aa138b963bbb7f28e74d4d710445389671291d70103f48fd4d4c01fc415e3fb7dc61c6088afa1a1e735}$.

$$LPSX[K_0] \dots LPSX[K_1](m) =$$

34392ed32ea3756e32979cb0a2247c3918e0b38d6455ca88183356bf8e5877e55d542278a696523a8036af0f1c2902e9cb
c585de803ee4d26649c9e1f00bda31.

Итерация 10

$K_{10} = 0740b3faa03ed39b257dd6e3db7c1bf56b6e18e40cdaabd30617cecbadd618ea5e61bb4654599581dd30c24c1ab877ad0687948286cfefaa7eef99f6068b315.$

$$LPSX[K_{10}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

6a82436950177fea74cce6d507a5a64e54e8a3181458e3bdfbdbc6180c9787de7ccb676dd809e7cb1eb2c9ebd016561570801a4e9ce17a438b85212f4409bb5e.

Итерация 11

$K_{11} = 185811cf3c2633aec8cfdca9dbb29347011bf92b95910a3ad71e5fca678e45e374f088f2e5c29496e9695ce8957837107bb3aa56441af11a82164893313116$

$$LPSX[K_{11}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

7b97603135e2842189b0c9667596e96bd70472ccbc73ae89da7d1599c72860c285f5771088f1fb0f943d949f22f1413c991
eaf5b1ab8e5ad8644770037765aec.

Итерация 12

$K_{12} = 9d46bf66234a7ed06c3b2120d2a3f15e0fedd87189b75b3cd2f206906b5ee00dc9a1eab800fb8cc5760b251f4db5cdef427052fa345613fd076451901279ee4c.$

$$LPSX[K_{12}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

39ec8a88db635b46c4321adf41fd9527a39a67fd7510db5044f05efaf721db5cf976a726ef33dc4dfcda94033e741a463770
861a5b25fefcb07281eed629c0e

Итерация 13

$K_{13} = 0f79104026b900d8d768b6e223484c9761e3c585b3a405a6d2d8565ada926c3f7782ef127cd6b98290bf612558b4b60aa3c3bc28fd94f95460d76b621cb45be70$

$$X[K_{13}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

36959ac8fdda5b9e135aac3d62b5d9b0c279a27364f50813d69753b575e0718ab8158560122584464f72c8656b53f7aec0
bccaee7cfdcaa9c6719e3f2627227e.

Результат выполнения преобразования $g_N(h, m)$:

h = cd7f602312faa465e3bb4ccd9795395de2914e938f10f8e127b7ac459b0c517b98ef779ef7c7a46aa7843b8889731f482e5d221e8e2cea852e816cdac407c7af

Изменяются значения переменных N и Σ :

[illegible]

Σ = fbeafaebebf20ffbf0e1e0f0f520e0ed20e8ece0ebe5f0f2f120fff0eeec20f120faf2fee5e2202ce8f6f3ede220e8e6eee1e8f0f2d1202ce8f0f2e5e220e5d1.

Длина оставшейся части сообщения меньше 512, поэтому происходит заполнение неполного блока.

[illegible]

Результат выполнения преобразования $g_N(h, m)$:

$h = c544ae6efdf14404f089c72d5faf8dc6aca1db5e28577fc07818095f1df70661e8b84d0706811cf92dfbf8f96e61493dc382795c6ed7a17b64685902cbdc878e$.

Изменяются значения переменных N и Σ :

[illegible]

Σ = fbeafaebebf20ffbf0e1e0f0f520e0ed20e8ece0ebe5f0f2f120fff0eeec20f120faf2fee5e2202ce8f6f3ede220e8e6eee1e8f0f2d1202ee4d3d8d6d104adf1.

Результат выполнения преобразования $g_0(h, N)$:

$h = 4\text{deb6649ffa5caf4163d9d3f9967fbbd6eb3da68f916b6a09f41f2518b81292b703dc5d74e1ace5bcd3458af43bb456e837326088f2b5df14bf83997a0b1ad8d}.$

Результат выполнения преобразования $g_0(h, \Sigma)$:

$h = 28\text{fbc9bada033b1460642bdcd90c3fb3e56c497ccd0f62b8a2ad4935e85f037613966de4ee00531ae60f3b5a47f8dae06915d5f2f194996fcabf2622e6881e}$.

Хэш-кодом сообщения M_2 является значение:

$H(M_2) = 28\text{fbc9bada033b1460642bdcd90c3fb3e56c497ccd0f62b8a2ad4935e85f037613966de4ee00531ae60f3b5a47f8dae06915d5f2f194996fcabf2622e6881e}.$

А.2.2 Для функции хэширования с длиной хэш-кода 256 бит

Присваиваются значения:

$$h := IV = (00000001)^{64};$$

$$N := 0^{512};$$

$$\Sigma := 0^{512}.$$

Длина сообщения $|M_2| = 576 > 512$, поэтому сначала преобразуется часть сообщения

`m := fbeafaebef20ffbf0e1e0f0f520e0ed20e8ece0ebe5f0f2f120fff0ecec20f120faf2fee5e2202ce8f6f3ede220e8e6e
ee1e8f0f2d1202ce8f0f2e5e220e5d1.`

Вычисляется значение $K := LPS(h \oplus N) = LPS((00000001)^{64})$.

После преобразования S:

$$S(h \oplus N) =$$

```

#####

```

ee,

после преобразования P :

$$PS(h \oplus N) =$$

[illegible]

eeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeee,

после преобразования L :

$$K := LPS(h \oplus N) =$$

[illegible]

Затем выполняется преобразование $E(K, m)$:

Итерация 1

[illegible]

$$X[K_1](m) =$$

d82f14ab5f5ba0eed3240eb0455bbff8032d02a05b9eafe7d2e511b05e977fe4033f1cbe55997f39cb331dad525bb7f3cd2406b042aa7f39cb351ca5525bbac4.

$$SX[K_1](m) =$$

8d4f93828747a76c49e204adc8473bd11101dda7470a415b832b77ad5dbc572d111f14950ce8570be4aec9f0e472fd2d9e231ad2c38570be46a14000e47a586

$$PSX[K_1](m) =$$

8d49118311e4d9e44fe2012b1faee26a9304dd7714cd311482ada7ad959fad0087c8475d0c0e2c0e47470abce8473847a73b4157572f57a56cd15b2d0bd20b86,

$$LPSX[K_1](m) =$$

a3a72a2e0fb5e6f812681222fec037b0db972086a395a387a6084508cae13093aa71d352dcbee288e9a39718a727f6fd4c5da5d0bc10fac3707ccd127fe45475.

$$K_1 \oplus C_1 =$$

92cdb59aaeb185fcc80ec1c1701e230a0caf98039e3e8f03528b56cdc5fe9be968b90ed1221c36148187c448141b8c0026b39a767c0f1236fe458b1942dd1a12.

$$S(K_1 \oplus C_1) =$$

ecd95e282645a83930045858325f5afa2341dc110ad303110ef676d9ac63509bf3a3041b65148f93f5c986f293bb7cfcef92288ac34df08f63c8f6362cd8f1f0.

$$PS(K_1 \oplus C_1) =$$

ec30230ef3f5ef63d90441f6a3c992c85e58dc76048628f6285811d91bf28a3626320aac6593c32c455fd36314bb4dd8a85a03508f7cf0f139fa119b93fc8ff0,

$$LPSX(K_1 \oplus C_1) =$$

18ee8f3176b2e8ea3bd6cb8233694cea349769df88be26bf451cfab6a904a549da22de93a66a66b19c7e6b5eea633511e611d68c8401bfcd0c7d0cc39d4a5eb9.

Итерация 2

$K_2 =$ 18ee8f3176b2e8ea3bd6cb8233694cea349769df88be26bf451cfab6a904a549da22de93a66a66b19c7e6b5eea633511e611d68c8401bfcd0c7d0cc39d4a5eb9,

$$LPSX[K_2] LPSX[K_1](m) =$$

9f50697b1d9ce23680db1f4d35629778864c55780727aa79eb7bb7d648829cba8674afdac5c62ca352d77556145ca7bc758679fbe1fbd32313ca8268a4a603f1.

Итерация 3

$K_3 =$ aaa4cf31a265959157aec8ce91e7fd46bf27dee21164c5e3940bba1a519e9d1fce0913f1253e7757915000cd674be12cc7f68e73ba26fb00fd74af4101805f2d,

$$LPSX[K_3] \dots LPSX[K_1](m) =$$

4183027975b257e9bc239b75c977ecc52ddad82c091e694243c9143a945b4d853116eae14fd81b14bb47f2c06fd283cb6c5e61924edfaf971b78d771858d5310.

Итерация 4

$K_4 =$ 61fe0a65cc177af50235e2afadded326a5329a2236747bf8a54228aeca9c4585cd801ea9dd743a0d98d01ef0602b0e332067fb5d5dd6ac1568200311920839286,

$$LPSX[K_4] \dots LPSX[K_1](m) =$$

0368c884fcee489207b5b97a133ce39a1ebfe5a3ae3cccb3241de1e7ad72857e76811d324f01fd7a75e0b669e8a22a4d056ce6af3e876453a9c3c47c767e5712.

Итерация 5

$K_5 =$ 9983685f4fd3636f1fd5abb75fbf26a8e2934314aa2ecb3ee4693c86c06c7d4e169bd540af75e1610a546acd63d960bad595394cc199bf6999a5d5309fe73d5a,

$$LPSX[K_5] \dots LPSX[K_1](m) =$$

c31433ceb8061e46440144e65553976512e5a9806ac9a2c771d5932d5f6508c5b78e406c4efab98ac5529be0021b4d58fa26f01621eb10b43de4c4c47b63f615.

Итерация 6

$K_6 =$ f05772ae2ce7f025156c9a7fbc6b8bdf1e735d613946e32922994e52820ffea62615d907eb0551ad170990a86602088af98c83c22cdb0e2be297c13c0f7a156,

$$LPSX[K_6] \dots LPSX[K_1](m) =$$

5d0ae97f252ad04534503fe5f52e9bd07f483ee3b3d206beadc6e736c6e754bb713f97ea7339927893eac2b474a482cadd9ac2e58f09bcb440cf36c2d14a9b6.

Итерация 7

$K_7 =$ 5ad144c362546e4e46b3e7688829fbb77453e9c3211974330b2b8d0e6be2b5acc89eb6b35167f159b7b005a43e5959a651a9b18cfc8e4098fcf03d9b81cfbb8d,

$$LPSX[K_7] \dots LPSX[K_1](m) =$$

a59aa21e6ad3e330deedb9ab9912205c355b1c479fd89a7696d7de66bf7d3cec25879f7f1a8cca4c793d5f2888407aecb188ba375eae586a8cfd0245c317.

Итерация 8

$K_8 =$ 6a6sec9a1ba20a8db64fa840b934352b518c638ed530122a83332fe0b8efdac9018287e5a9f509c78d6c746adc5426fb0a0ad5790dfb73fc1f191a539016daa,

$$LPSX[K_8] \dots LPSX[K_1](m) =$$

9903145a39d5a8c83d28f0fa1fbd88f31b82dc7cfe17b54b50e276cb2c4ac682b4434163f214cf7ce6164a75731bcea5819e6a6a6fea99da9222951d2a28e01.

Итерация 9

$K_9 =$ 99217036737aa9b38a8d6643f705bd51f351531f948f0fc5e35fa35fee9dd8b4c9d580a224e9cd82e0e2069fc49ed367d5f94374435382b8fb6a8f5dd0409,

$$LPSX[K_9] \dots LPSX[K_1](m) =$$

330e6cb1d04961826aa263f2328f15b4f3370175a6a9fd6505b286efed2d8505f71823337ef71513e57a700eb1672a685578e45dad298ee2223d4cb3fda8262f.

Итерация 10

$K_{10} = 906763c0fc89fa1ae69288d8ec9e9dda9a7630e8bfd6c3fed703c35d2e62aeaff0b35d80a7317a7f76f83022f2526791ca8fdf678fcb337bd74fe5393ccb05d2,$

$$LPSX[K_{10}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

ad347608443ab9c9bbb64f633a5749ab85c45d4174bfd78f6bc79fc4f4ce9ad1dd71cb2195b1cfab8dcaaf6f3a65c8bb0079847a0800e4427d3a0a815f40a644.

Итерация 11

$K_{11} = 88\text{ce996c63618e6404a5c8e03ee433854e2ae3eee68991bbbff3c29d38dadb6ed6a1dae9a6dc6ddf52ce34af272f96d3159c8c624c3fe6e13d695c0bfc89add5}$.

$$LPSX[K_1] \dots LPSX[K_1](m) =$$

a065c55e2168c31576a756c7ecc1a9129cd3d207f8f43073076c30e111fd5f119095ca396e9fb78a2bf4781c44e845e447b8fc75b788284aae27582212ec23ee.

Итерация 12

$K_{12} = 3e0a281ea9bd46063eec550100576f3a506aa168cf82915776b978fccaa32f38b55f30c79982ca45628e8365d8798477e75a49c68199112a1d7b5a0f7655f2db.$

$$LPSX[K_{12}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

2a6549f7a5cd2eb4a271a7c71762c8683e7a3a906985d60f8fc86f64e35908b29f83b1fe3c704f3c116bdf660704f3b9c8a1d0531baafffaa3940ae9090a33ab.

Итерация 13

K_{13} = f0b273409eb31aebe432fbae1867212262c848422b6a92f93f6cbab54ed18b8314b21cffc51e3fa319ff433e76ef6adb0ef9f5e03c907fa1fcf9eca06500bf03,

$$X[K_{13}] \dots LPSX[K_1](m) =$$

dad7d3ab73b7e345f46435c690f05e94a5cb272d242ef44f6b0a4d5d1ad8883318b31ad01f96e709f08949cd8169f25e09273e8e50d2ad05b5f6de6496c0a8ca8.

Результат выполнения преобразования $g_N(h, m)$:

$h = 203cc15dd55fcaa5b7a3bd98fb2408a67d5b9f33a80bb50540852b204265a2c1aaca5efe1d8d51b2e1636e34f5becc077d930114fefaf176b69c15ad8f2b6878$.

Изменяются значения переменных N и Σ :

[illegible]

Σ = fbafaebef20ffbf0e1e0f0520e0ed20e8ece0ebe5f0f2f120fff0eeec20f120faf2fee5e2202ce8f6f3ede220e8e6eee1e8f0f2d1202ce8f0f2e5e220e5d1.

Длина оставшейся части сообщения меньше 512, поэтому происходит заполнение неполного блока:

[illegible]

Результат выполнения преобразования $g_N(h, m)$:

$h = \text{a69049e7bd076ab7755bc2873af26f098c538b17e39a5c027d532f0a2b3b56426c96b285fa297b9d39ae6afd8b9001d97bb718a65fcc53c41b4ebf4991a617227}$

Изменяются значения переменных N и Σ :

[illegible]

Σ = fbeafaebe20ffbf0e1e0f0f520e0ed20e8ece0ebe5f0f2f120fff0eeec20f120faf2fee5e2202ce8f6f3ede220e8e6ee1e8f0f2d1202ee4d3d8d6d104adf1

Результат выполнения преобразования $g_n(h, N)$:

$h = \text{aee3bd55ea6f387bcf28c6dcbdbbf3ddacc67dcc13dbd8d548c6bf808111d4b75b8e74d2afae960835ae6a5f03575559c9fd839783ffcd5cf99bd61566b4818}$

Результат выполнения преобразования $g_0(h, \Sigma)$:

$h = 508f7e553c06501d749a66fc28c6cac0b005746d97537fa85d9e40904efed29dc345e53d7f84875d5068e4eb743f0793d673f09741f9578471fb2598cb35c230$

Хэш-кодом сообщения M , является значение:

$H(M_2) = 508f7e553c06501d749a66fc28c6cac0b005746d97537fa85d9e40904efed29d$.

Библиография*

- | | |
|--|---|
| [1] ИСО 2382-2:1976
(ISO 2382-2:1976) | Системы обработки информации. Словарь. Часть 2. Арифметические и логические операции (Data processing — Vocabulary — Part 2: Arithmetic and logic operations) |
| [2] ИСО/МЭК 9796-2:2010
(ISO/IEC 9796-2:2010) | Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Схемы цифровой подписи, обеспечивающие восстановление сообщений. Часть 2. Механизмы на основе целочисленной факторизации (Information technology — Security techniques — Digital signatures with appendix — Part 2: Integer factorization based mechanisms) |
| [3] ИСО/МЭК 9796-3:2006
(ISO/IEC 9796-3:2006) | Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Схемы цифровой подписи, обеспечивающие восстановление сообщений. Часть 3. Механизмы на основе дискретного логарифма (Information technology — Security techniques — Digital signature schemes giving message recovery — Part 3: Discrete logarithm based mechanisms) |
| [4] ИСО/МЭК 14888-1:2008
(ISO/IEC 14888-1:2008) | Информационные технологии. Методы защиты. Цифровые подписи с приложением. Часть 1. Общие положения (Information technology — Security techniques — Digital signatures with appendix — Part 1: General) |
| [5] ИСО/МЭК 14888-2:2008
(ISO/IEC 14888-2:2008) | Информационные технологии. Методы защиты. Цифровые подписи с приложением. Часть 2. Механизмы, основанные на разложении на множители (Information technology — Security techniques — Digital signatures with appendix — Part 2: Integer factorization based mechanisms) |
| [6] ИСО/МЭК 14888-3:2006
(ISO/IEC 14888-3:2006) | Информационные технологии. Методы защиты. Цифровые подписи с приложением. Часть 3. Механизмы на основе дискретного логарифма (Information technology — Security techniques — Digital signatures with appendix — Part 3: Discrete logarithm based mechanisms) |
| [7] ИСО/МЭК 14888-3:2006/Изм. 1:2010 (ISO/IEC 14888-3:2006/Amd 1:2010) | Информационные технологии. Методы защиты. Цифровые подписи с приложением. Часть 3. Механизмы на основе дискретного логарифма. Изменение 1. Алгоритм русской цифровой подписи эллиптической кривой, алгоритм цифровой подписи Шнорра, алгоритм цифровой подписи Шнорра для эллиптической кривой, и полный алгоритм цифровой подписи Шнорра для эллиптической кривой (Information technology — Security techniques — Digital signatures with appendix — Part 3: Discrete logarithm based mechanisms. Amendment 1. Elliptic Curve Russian Digital Signature Algorithm, Schnorr Digital Signature Algorithm, Elliptic Curve Schnorr Digital Signature Algorithm, and Elliptic Curve Full Schnorr Digital Signature Algorithm) |
| [8] ИСО/МЭК 10118-1:2000
(ISO/IEC 10118-1:2000) | Информационные технологии. Методы защиты информации. Хэш-функции. Часть 1. Общие положения (Information technology — Security techniques — Hash-functions — Part 1: General) |
| [9] ИСО/МЭК 10118-2:2010
(ISO/IEC 10118-2:2010) | Информационные технологии. Методы защиты информации. Хэш-функции. Часть 2. Хэш-функции с использованием алгоритма шифрования n -битными блоками (Information technology — Security techniques — Hash-functions — Part 2: Hash-functions using an n -bit block cipher) |
| [10] ИСО/МЭК 10118-3:2004
(ISO/IEC 10118-3:2004) | Информационные технологии. Методы защиты информации. Хэш-функции. Часть 3. Выделенные хэш-функции (Information technology — Security techniques — Hash-functions — Part 3: Dedicated hash-functions) |
| [11] ИСО/МЭК 10118-4:1998
(ISO/IEC 10118-4:1998) | Информационные технологии. Методы защиты информации. Хэш-функции. Часть 4. Хэш-функции с применением арифметики в остаточных классах (Information technology — Security techniques — Hash-functions — Part 4: Hash-functions using modular arithmetic) |

* Оригиналы международных стандартов ИСО/МЭК находятся во ФГУП «Стандартинформ» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

УДК 681.3.06:006.354

ОКС 35.040

П85

ОКСТУ 5002

Ключевые слова: информационная технология, криптографическая защита информации, функция хэширования, хэш-функция, электронная цифровая подпись, асимметричный криптографический алгоритм, системы обработки информации, защита сообщений, подтверждение подписи

Редактор *К.С. Савинова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *В.Е. Нестерова*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 18.12.2012. Подписано в печать 25.04.2013. Формат 60×84 $\frac{1}{8}$. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,45. Тираж 103 экз. Зак. 448.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.