ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54711— 2011

Звуковое вещание цифровое

КОДИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ С СОКРАЩЕНИЕМ ИЗБЫТОЧНОСТИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ПО ЦИФРОВЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ MPEG-1 часть III (MPEG-1 audio)

ISO/IEC 11172-3:1993
(NEQ)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Санкт-Петербургским филиалом Центрального научно-исследовательского института связи «Ленинградское отделение» (ФГУП ЛО ЦНИИС)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 480 «Связь»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 872-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений международного стандарта ИСО/МЭК 11172-3:1993 «Информационные технологии. Кодирование движущихся изображений и сопутствующего звука для цифровых носителей при скоростях до 1,5 Мбит/с. Часть 3. Аудио» (ISO/IEC 11172-3:1993 «Information technology — Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1,5 Mbit/s– Part 3: Audio») [1]

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2014

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, символы и сокращения 2
3.1 Термины и определения 2
3.2 Символы и сокращения 4
3.3 Метод описания синтаксиса потока битов 6
4. Структура цифровой обработки звуковых сигналов 8
4.1 Кодирование 8
4.2 Уровни 9
4.3 Хранение 9
4.4 Декодирование 9
5 Технические требования 10
5.1 Спецификация кодированного звукового потока 10
5.2 Семантика потока звуковых сигналов 15
5.3 Процесс декодирования данных звука 25
Приложение А (обязательное) Схемы 33
Приложение Б (обязательное) Таблицы 40
Приложение В (обязательное) Процесс кодирования 76
Приложение Г (обязательное) Психоакустические модели 116
Приложение Д (обязательное) Разрядная чувствительность к ошибкам 162
Приложение Е (обязательное) Маскирование ошибок 164
Приложение Ж (обязательное) Кодирование в режиме joint stereo 164
Библиография 168

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Звуковое вещание цифровое

КОДИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ С СОКРАЩЕНИЕМ ИЗБЫТОЧНОСТИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ПО ЦИФРОВЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ MPEG-1 ЧАСТЬ III (MPEG-1 AUDIO)

Digital sound broadcasting.
Coding of sound broadcasting signals with redundancy reduction for transfer on digital communication channels.
MPEG-1 part III (MPEG-1 audio)

Дата введения — 2013—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет кодированное представление высококачественного звукового сигнала на цифровых носителях и метод его восстановления и относится к сигналам с частотами дискретизации 32; 44,1 и 48 кГц.

Вход кодера и выход декодера совместимы с существующими стандартами ИКМ, такими как ГОСТ 28376—89, ГОСТ Р 50712—94.

Стандарт предназначен для регулирования отношений между оператором и пользователем в процессе установления соединения, в части выполнения технических требований к электрическим параметрам, определяющим качество каналов и трактов звукового вещания с полосой передаваемых частот до 20 000 Гц.

Настоящий стандарт используется при проектировании, вводе в эксплуатацию и техническом обслуживании каналов и трактов звукового вещания, организуемых в наземных и спутниковых линиях связи (ГОСТ Р 52742—2007 и ГОСТ Р 53537—2009).

Действие настоящего стандарта распространяется на услуги местной, внутризоновой, междугородной и международной сети звукового вещания, независимо от используемой сетевой технологии, что способствует обеспечению целостности сетей звукового вещания, устойчивости работы сети, выполнению норм на основные электрические параметры при разработке и проектировании каналообразующей аппаратуры звукового вещания.

Показатели, определенные настоящим стандартом, являются базовыми для профессиональной и бытовой аппаратуры — проигрывателей компакт-дисков, усилителей сигналов звуковой частоты и другого оборудования с высоким качеством звука.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 52742—2007 Каналы и тракты звукового вещания. Типовые структуры. Основные параметры качества. Методы измерений

ГОСТ Р 53537—2009 Звуковое вещание. Основные электрические параметры каналов и трактов студийного качества (с полосой частот 20 ... 20 000 Гц)

ГОСТ Р 28376—89 Компакт-диск. Параметры и размеры

ГОСТ Р 50712—94 Соединительные линии и аппаратные звукового вещания. Технические характеристики. Методы измерений

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства 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,

Издание официальное

и по соответствующим выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя за текущий год. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (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, символы и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины и сокращения с соответствующими определениями:

3.1.1 **аудиобуфер:** Буфер в декодере, предназначенный для хранения сжатых аудиоданных.

3.1.2 **аудиопоследовательность:** Непрерывная последовательность аудио фреймов, в которых следующие параметры не меняются:

- ID;
- Уровень;
- частота дискретизации;
- для уровней I и II индекс скорости передачи.

3.1.3 **барк:** Единица измерения ширины критических полос. Переход к шкале барков от шкалы звуковых частот.

3.1.4 **блок доступа к аудиоданным:** Для Уровней I и II блок доступа к аудиоданным определяется как самая меньшая часть кодированного потока битов, которая может декодироваться отдельно, в ней под результатом декодирования понимается полностью восстановленный звук. Для Уровня III блок доступа к аудиоданным является частью потока битов, который декодируется с использованием ранее полученной основной информации.

3.1.5 **блочное компандирование:** Нормирование цифрового представления звукового сигнала в пределах определенного периода времени.

3.1.6 **быстрое преобразование Фурье (БПФ):** Быстрый алгоритм расчета коэффициентов преобразования Фурье.

3.1.7 **гибридный набор фильтров:** Последовательная комбинация набора полосовых фильтров и МДКП.

3.1.8 **гранула, Уровень II:** Набор из трех последовательных отсчетов каждой из 32 субполос, которые объединяются перед квантованием, что соответствует 96 отсчетам ИКМ.

3.1.9 **гранула, Уровень III:** 576 частотных линий.

3.1.10 **декодер:** Устройство, в котором реализуется процесс декодирования.

3.1.11 **декодирование:** Процесс, выполняемый в соответствии с настоящим стандартом, при котором считываемые кодированные данные преобразуются в отсчеты звукового сигнала.

3.1.12 **дополнение бит (байт):** Биты стаффинга, кодовые комбинации, которые могут быть добавлены в поток сжатых данных и затем отброшены в процессе декодирования. Их назначение в согласовании потока со скоростью передачи.

3.1.13 **дискретизация:** Дискретизация, выполняемая в соответствии с теоремой Котельникова — Найквиста.

3.1.14 **заполнение нулями:** Способ скорректировать среднюю длину звукового фрейма в соответствии с продолжительностью выборки ИКМ-отсчетов за счет дополнения нулями.

3.1.15 **запрещенный:** Термин «запрещенный» относится к символам кодовой последовательности, которые никогда не должны использоваться во избежание совпадения с синхрословами.

3.1.16 **зарезервированный:** Термин «зарезервированный» указывает на то, что значение может использоваться в будущем для определенных расширений.

3.1.17 **звуковое вещание (ЗВ):** Передача звуковой информации общего назначения широкому кругу территориально рассредоточенных слушателей.

3.1.18 **зеркальная составляющая:** Зеркально отраженная составляющая спектра, возникающая в результате элайзинга.

3.1.19 **индекс масштабного коэффициента:** Числовой код для масштабного коэффициента.

3.1.20 **канал:** Цифровая среда, которая хранит или транспортирует поток данного стандарта.

3.1.21 **канал звукового вещания (КЗВ):** Канал, образованный в цифровых или аналоговых системах передачи.

3.1.22 **код Хаффмана:** Вид энтропийного кодирования.

3.1.23 **кодер:** Устройство, в котором реализуется процесс кодирования.

3.1.24 **кодирование:** Процесс, не определенный в данном стандарте, при котором звуковые отсчеты считываются и преобразуются в кодированный поток битов, как определено в стандарте.

3.1.25 **кодирование с переменной длиной слова (VLC):** Обратимая процедура кодирования, в результате которой более короткие кодовые комбинации присваиваются наиболее частым событиям и более длительные кодовые комбинации — менее частым событиям.

3.1.26 **кодирование Joint Stereo:** Метод устранения стереофонической избыточности.

3.1.27 **кодированный звуковой поток:** Кодированное представление звукового сигнала согласно настоящему стандарту.

3.1.28 **коэффициент МДКП:** Амплитуда определенной косинусной базисной функции.

3.1.29 **критическая полоса:** Психоакустическая величина в частотной области, которая соответствует частотной избирательности человеческого уха. Эта избирательность выражается в Барках.

3.1.30 **маскирование:** Свойство слуховой системы человека, исключающее прием звукового сигнала в присутствии другого звукового сигнала.

3.1.31 **масштабный коэффициент:** Величина, на которую делится набор значений перед квантованием.

3.1.32 **модифицированное дискретное косинусное преобразование (МДКП):** Преобразование Фурье, основанное на IV типе косинусного преобразования (ДКП-IV) с дополнительным свойством наложения.

3.1.33 **набор фильтров:** Набор полосовых фильтров, перекрывающих весь диапазон звуковых частот.

3.1.34 **набор фильтров анализа:** Набор фильтров в кодере, с помощью которого ИКМ-отсчеты широкополосного звукового сигнала преобразуются в ряд прореженных отсчетов на выходе каждого фильтра.

3.1.35 **набор фильтров синтеза:** Набор фильтров в декодере, который восстанавливает ИКМ-отсчеты звукового сигнала из субполосных отсчетов.

3.1.36 **нетональный компонент:** Шумоподобный компонент звукового сигнала.

3.1.37 **нижний предел:** Самая низкая субполоса, в которой используется кодирование стерео.

3.1.38 **обратное модифицированное дискретное косинусное преобразование (ОМДКП):** Преобразование, обратное МДКП.

3.1.39 **окно Ханна:** Оконная функция, которая применяется к выборке отсчетов звукового сигнала перед преобразованием Фурье.

3.1.40 **переквантование:** Декодирование кодированных субполосных отсчетов для восстановления исходных квантованных значений.

3.1.41 **побайтное выравнивание:** Бит потока данных обладает побайтным выравниванием, если его позиция кратна 8 с начала потока.

3.1.42 **полифазный набор фильтров:** Набор фильтров с равной шириной полос пропускания.

3.1.43 **полоса масштабного коэффициента:** Ряд частотных линий в Уровне III, для которых используется один масштабный коэффициент.

3.1.44 **порог маскирования:** Функция частоты и времени, определяющая порог, ниже которого звуковой сигнал не может быть воспринят слуховой системой человека.

3.1.45 **пост-коррекция:** Фильтрация, применяемая к звуковому сигналу после хранения или передачи для предотвращения линейных искажений, вызванных пред-коррекцией.

3.1.46 **пред-коррекция:** Фильтрация, применяемая к звуковому сигналу перед хранением или передачей для улучшения отношения сигнал-шум на высоких частотах.

3.1.47 **преобразование:** Преобразование звукового сигнала из временной области в частотную путем субполосной фильтрации и/или МДКП.

3.1.48 **программа:** Совокупность передач, составленных по определенному плану.

3.1.49 **психоакустическая модель:** Математическая модель маскирующих свойств слуховой системы человека.

3.1.50 **распределение битов:** Распределение битов между полосами в соответствии с результатами психоакустического расчета.

3.1.51 **распределение шумов квантования:** Распределение шумов квантования между частотными полосами в соответствии с результатами психоакустического расчета.

3.1.52 **режим двойного канала:** Режим, при котором два звуковых канала с независимым содержанием программы (например двуязычный) кодируются в пределах одного потока битов. Процесс кодирования аналогичен используемому в режиме *стерео*.

3.1.53 **режим *stereo*:** Режим кодирования, при котором два звуковых канала, формирующих стереопару (левый и правый каналы), кодируются в пределах одного потока битов. Процесс кодирования анологичен процессу в режиме двойного канала.

3.1.54 **режим *intensity stereo*:** Метод устранения избыточности в стереофонических звуковых программах, основанный на сохранении на высоких частотах только огибающей энергетического спектра сигналов правого и левого каналов.

3.1.55 **режим *joint stereo*:** Режим алгоритма кодирования звуковых сигналов, использующий кодирование *joint stereo*.

3.1.56 **режим *MS stereo*:** Метод устранения избыточности в стереофонических звуковых программах, основанный на кодировании суммарного и разностного сигналов вместо сигналов левого и правого каналов.

3.1.57 **свободный формат:** Передача данных со скоростью, отличной от скоростей передачи определенных в стандарте, меньшей, чем максимальная допустимая скорость передачи для каждого уровня.

3.1.58 **сжатие:** Сокращение разрядности элементов данных.

3.1.59 **синхрослово:** 12-разрядная комбинация в потоке битов, которая идентифицирует начало кадра.

3.1.60 **скорость передачи:** Скорость, с которой сжатый поток данных передается от носителя к входу декодера.

3.1.61 **слот:** Элементарная часть потока битов. В Уровне I слот равен четырем байтам, в Уровнях II и III — одному байту.

3.1.62 **служебная информация:** Информация, передаваемая в потоке, необходимая для управления декодером.

3.1.63 **соединительная линия (СЛ):** Канал ограниченной протяженности между различными аппаратными, а также между аппаратной и передатчиком.

3.1.64 **субполоса:** Часть звукового диапазона.

3.1.65 **субполосные отсчеты:** Прореженные отсчеты на выходе набора субполосных фильтров кодера звуковых сигналов называют субполосными отсчетами. Из 384 временных отсчетов на входе набора фильтров образуется по 12 отсчетов на выходе каждой из 32 субполос.

3.1.66 **субполосный набор фильтров:** Ряд полосных фильтров, покрывающих весь диапазон звуковых частот. В данном стандарте под субполосным набором фильтров понимается полифазный набор.

3.1.67 **тональный компонент:** Компонент звукового сигнала, близкий к синусоиде.

3.1.68 **тройка:** Три последовательных субполосных отсчета одной субполосы.

3.1.69 **уровень:** Один из уровней в иерархии кодирования звуковой системы, определенный в [1].

3.1.70 **фрейм:** Часть ИКМ звукового сигнала из элемента доступа.

3.1.71 **функция маскирования:** Функция, описывающая распределение маскирования в частотной области.

3.1.72 **циклический избыточный код *(cyclic redundancy check; CRC)*:** Код, используемый в методе обнаружения ошибок в передаваемом сообщении, заключающемся в сравнении остатков от деления блоков кодовой последовательности на фиксированный делитель, производимого на передающей и приемной сторонах.

3.1.73 **элемент доступа:** В случае сжатых звуковых данных элемент доступа представляет собой звуковые данные.

3.1.74 **энтропийное кодирование:** Кодирование без потерь с переменной длиной кодового слова в целях уменьшения статистической избыточности цифрового сигнала.

3.2 Символы и сокращения

3.2.1 Арифметические операторы

Математические операторы, используемые в настоящем стандарте, аналогичны используемым в языке программирования С. Однако целочисленное деление с усечением и округление определены особым образом. Побитные операторы определяются с учетом представления чисел в дополнительном коде. Нумерация и счетчики циклов обычно начинаются с нуля.

\+ Сложение.

– Вычитание (как бинарный оператор) или отрицание (как унарный оператор).

++ Инкремент.

-- Декремент.

* Умножение.

^ Возведение в степень.

/ Целочисленное деление с округлением к меньшему по модулю целому. Например, 7/4 и –7/4 округляются до единицы, а –7/4 и 7/–4 округляются до минус одного.

// Целочисленное деление с округлением к ближайшему целому числу. Полуцелые числа округляются в сторону ближайшего большего по модулю числа, если не указано другое. Например, 3//2 округляется до двух, а –3//2 округляется до минус двух.

DIV Целочисленное разделение с округлением результата в сторону $-\infty$.

| | Абсолютное значение. $|x| = x$, когда $x > 0$;

$|x| = 0$, когда $x == 0$;

$|x| = -x$, когда $x < 0$.

% Деление с остатком. Операция определена только для положительных чисел.

$\mathrm{Sign}(x)$ Принимает следующие значения:

$\mathrm{Sign}(x) = 1$, когда $x > 0$;

$\mathrm{Sign}(x) = 0$, когда $x = 0$;

$\mathrm{Sign}(x) = -1$, когда $x < 0$.

NINT( ) Округление до ближайшего целого. Возвращает самое близкое к вещественному аргументу целочисленное значение. Полуцелые числа округляются в сторону от нуля.

sin Синус.

cos Косинус.

exp Экспонента.

$\sqrt{}$ Квадратный корень.

lg Логарифм по основанию 10.

ln Натуральный логарифм.

$\log_2$ Логарифм по основанию 2.

3.2.2 Логические операторы

|| Логическое ИЛИ.

&& Логическое И.

! Логическое НЕ.

3.2.3 Операторы сравнения

> Больше.

> = Больше или равно.

< Меньше.

<= Меньше или равно.

== Равно.

! = Не равно.

max [,...,] Максимальное значение.

min [,...,] Минимальное значение.

3.2.4 Побитные операторы

Использование побитных операций подразумевает представление чисел в дополнительном коде.

& Подбитное И.

| Подбитное ИЛИ.

>> Сдвиг вправо.

<< Сдвиг влево.

3.2.5 Оператор присвоения

= Оператор присвоения.

3.2.6 Мнемоники

Следующие мнемоники подлежат определению для описания различных типов данных, используемых в кодированном потоке битов.

bslbf	Битовая строка, младший бит слева в соответствии с настоящим стандартом. Битовые строки пишутся как строка единиц и нулей внутри одинарных кавычек, например '1000 0001'. Пробелы внутри битовой строки вводятся для удобства чтения и не имеют никакого значения.
ch	Канал. Если *ch* имеет значение 0, это соответствует левому каналу стереопары или первому из двух независимых каналов.
nch	Количество каналов: равно 1 для *single_channel mode*, 2 — в других режимах.
gr	Гранула 3 * 32 субполосных отсчета в Уровне II звукового сигнала, 18 * 32 субполосных отсчета в Уровне III.
main_data	Часть потока битов, которая содержит масштабные коэффициенты, кодированные методом Хаффмана данные и дополнительную информацию.
main_data_beg	Указатель на начало *main_data* внутри фрейма. Равен позиции конца *main_data* предыдущего фрейма плюс один бит. Вычисляется из *main_data_end* значения предыдущего фрейма.
part2_length	Количество *main_data* бит, используемых для масштабных коэффициентов.
rpchof	Коэффициенты остатка от деления на порождающий полином, сначала следует коэффициент высшего порядка.
sb	Субполоса.
sblimit	Номер самой низкой субполосы, для которой не были выделены биты.
scfsi	Информация о выборе масштабного коэффициента.
switch_point_l	Номер полосы масштабных коэффициентов (полоса «длинного» блока), с которой используется переключение окон.
switch_point_s	Номер полосы масштабных коэффициентов (полоса «короткого» блока), с которой используется переключение окон.
uimsbf	Целое число без знака, старший бит первый.
vlclbf	Код с переменной длиной слова, левый бит первый, где «левый» относится к порядку, в котором пишутся коды с переменной длиной.
window	Номер текущего временного интервала в случае *block_type* == 2, $0 \le window \le 2$.

В многобайтовых словах старший байт является первым.

3.2.7 Константы

π 3,14159265358...

e 2,71828182845...

3.3 Метод описания синтаксиса потока битов

Поток битов, полученный декодером, описывается в подразделе 5.1. Каждый элемент данных описывается именем, длиной в битах, мнемоникой типа и порядком передачи.

Действие, вызванное декодируемым элементом данных в потоке битов, зависит от значения этого элемента данных и элементов данных, декодируемых ранее. Декодирование элементов данных и определение параметров состояния, используемых в их декодировании, описываются в подразделе 5.2.

В этом синтаксисе используется принятое в языке С соглашение о том, что переменная или выражение, возвращающие ненулевое значение, эквивалентны результату «истина».

Для выражения условия присутствия элементов данных используются следующие конструкции:

while (condition) { *data_element* ... *}*	Если «истина», то группа элементов данных появляется в потоке данных. Это повторяется, пока условие не «ложь».
do { *data_element*	Элемент данных всегда существует, по крайней мере один раз.

... *} while (condition)*	*Элемент данных повторяется при условии «истина».*
if (condition) {	*Если условие «истина», то первая группа элементов данных появляется затем в потоке данных.*
data_element *...* *}*	*Если условие «истина» не сохраняется, то вторая группа элементов данных появляется затем в потоке данных.*
else { *data_element* *...* *}*	
for (expr1; expr2; expr3){ *expr1 data_element* *... expr2* *}*	*Является инициализирующим выражением цикла. Обычно оно определяет начальное состояние счетчика. Является условием, определяющим проверку перед каждой итерацией цикла. Цикл завершается, когда условие «не истина».*
	expr3 является выражением, которое выполняется в конце каждой итерации цикла, обычно оно инкрементирует счетчик.

Следует обратить внимание на наиболее распространенные варианты использования этой конструкции:

for (i = 0; i <n; i++) { *data_element* *...* *}*	*Группа элементов данных появляется n раз. Условия в пределах группы элементов данных могут зависеть от значения переменной управления циклом i, которая обнуляется при первом появлении, увеличивается на 1 при втором появлении и т. д.*

Как отмечено, группа элементов данных может содержать вложенные условные конструкции. Для компактности скобки {} могут быть опущены, когда следует только один элемент данных.

data_element []	Является массивом данных. Количество элементов массива зависит от контекста.
data_element [*n*]	Является (*n*+1)-м элементом массива данных.
data_element [*m*][*n*]	Является элементом (*m*+1)-й строки (*n*+1)-го столбца двухмерного массива данных.
data_element [*l*][*m*][*n*]	Является (*l*+1), (*m*+1), (*n*+1)-м элементом трехмерного массива данных.
data_element [*m...n*]	Биты массива *data_element* с *m* по *n* включительно.

Знание самого синтаксиса потока битов в 5.3 не следует считать достаточным для декодирования. В частности, это лишь определяет корректный и свободный от ошибок входной поток битов. Реальные декодеры для того, чтобы правильно начать декодирование, должны иметь средства обнаружения стартовых последовательностей.

bytealigned()	Возвращает 1, если текущая позиция находится на границе байта, так что следующий бит потока будет первым битом нового байта. В противном случае функция возвращает 0.
nextbits()	Реализует сравнение строки битов со строкой битов на входе декодера.
next_start_code()	Удаляет все нулевые биты и биты стаффинга и определяет положение следующего синхрослова.

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника
next_start_code () { *while (!bytealigned())* *zero_bit* *while (nextbits() != '0000 0000 0000 0000 0000 0001')* *zero_byte* }	 1 8 	 '0' '00000000'

Эта функция проверяет, является ли текущая позиция побайтно выровненной. Иначе присутствуют нулевые биты стаффинга. Это означает, что перед синхрословом может присутствовать любое количество нулевых байтов. В связи с этим синхрослово всегда является побайтно выровненным и ему может предшествовать любое число нулевых битов стаффинга.

4. Структура цифровой обработки звуковых сигналов

4.1 Кодирование

Кодер обрабатывает цифровой звуковой сигнал и создает поток сжатых данных для хранения. Алгоритм кодера не подлежит стандартизации и может использовать различные способы оценки слухового маскирования, квантования и масштабирования. Однако формат данных на выходе кодера должен соответствовать спецификациям раздела 5 в целях корректного использования в звуковых приложениях.

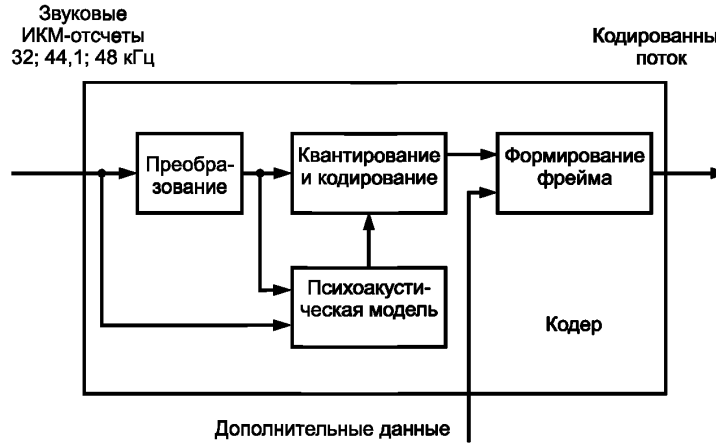


Рисунок 1 — Общая структура кодера

Рисунок 1 иллюстрирует структуру кодера звуковых сигналов. Отсчеты звукового сигнала поступают на вход кодера. В блоке частотно-временного преобразования сигнал разделяется на полосы с децимацией субполосных отсчетов. Отсчеты на выходе блока частотно-временного преобразования могут быть названы субполосными отсчетами (как на Уровне I или II, см. ниже) или коэффициентами частотно-временного преобразования (как на Уровне III). Психоакустическая модель создает ряд данных, позволяющих управлять квантованием и кодированием. Эти данные различаются в зависимости от фактической реализации кодера. Один из возможных вариантов состоит в использовании оценки порога маскирования для управления квантованием. Блок квантования и кодирования производит символы кода из отсчетов на выходе блока частотно-временного преобразования. Этот блок также может зависеть от конкретного кодера. Блок формирования кадра добавляет данные текущего блока к выходным данным других блоков, а также другую информацию (например данные для коррекции ошибок) в случае необходимости.

Существует четыре различных режима работы кодера: моно; два канала (два независимых звуковых сигнала, кодированные в пределах одного потока битов); стерео (левые и правые сигналы стереопары, кодированной в пределах одного потока битов); и *joint stereo* (левые и правые сигналы стереопары, кодированной в пределах одного потока битов с устранением пространственной избыточности).

4.2 Уровни

В зависимости от приложения могут использоваться различные уровни системы кодирования с увеличивающейся сложностью кодера и производительностью. Декодер звукового сигнала Уровня *N* должен декодировать данные, которые были закодированы в Уровне *N* и во всех уровнях ниже *N*.

Уровень I

В этом уровне используется:

- частотно-временное преобразование на основе разделения входного сигнала на 32 поддиапазона;
- фиксированная длина кодируемой выборки, психоакустическая модель, управляющая процессом адаптивного распределения битов и квантованием на основе блочного компандирования;
- формирование потока данных.

Минимальное теоретическое время задержки при кодировании/декодировании для Уровня I составляет приблизительно 19 мс.

Уровень II

В этом уровне используется дополнительное кодирование информации о распределении битов, масштабирующих коэффициентов и отсчетов. Применяются различные размеры выборок. Минимальное теоретическое время задержки при кодировании/декодировании для Уровня II составляет приблизительно 35 мс.

Уровень III

В этом уровне используется гибридный набор фильтров с повышенной разрешающей способностью по частоте. Добавлены неравномерное квантование, адаптивное разделение сигнала на кадры и энтропийное кодирование. Минимальное теоретическое время задержки при кодировании/декодировании для Уровня III составляет приблизительно 59 мс.

Joint Stereo может быть добавлено как дополнительная функция к любому из уровней.

4.3 Хранение

Различные потоки кодированного видео, кодированного звукового синала, данных синхронизации, системных данных и дополнительных данных могут быть сохранены вместе на носителе. Процесс редактирования звуковых сигналов упростится при наличии адресации.

Использование данных может подразумевать удаленный доступ. При этом взаимодействие должно осуществляться через устройство управления, отличное от самого декодера. Это устройство управления должно воспринимать пользовательские команды, считывать и интерпретировать информацию о структуре базы данных, считывать информацию с носителей, демультиплексировать информацию, отличную от звуковой, и передавать аудиоданные к аудиодекодеру с требуемой скоростью считывания.

4.4 Декодирование

Декодер принимает сжатые аудиоданные согласно 5.1, декодирует элементы данных согласно 5.2 и использует информацию для вывода цифрового звукового сигнала согласно 5.3.

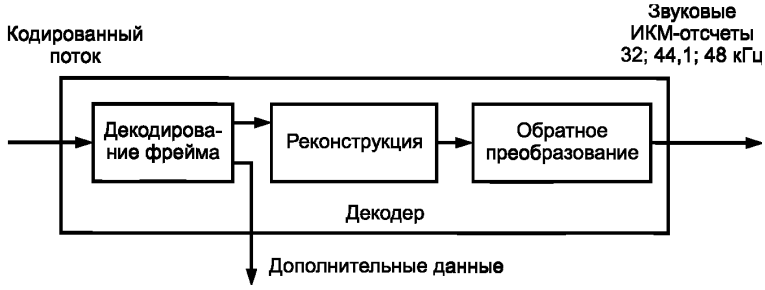


Рисунок 2 — Общая структура декодера

Рисунок 2 иллюстрирует базовую структуру декодера звуковых сигналов. Данные поступают в декодер и подлежат проверке на наличие ошибок, если при кодировании это было предусмотрено (см. 5.2.4). Затем они распаковываются для восстановления различных частей информации. Блок реконструкции восстанавливает квантованные коэффициенты преобразования. С помощью обратного частотно-временного преобразования эти коэффициенты преобразуются в ИКМ-отсчеты.

5 Технические требования

5.1 Спецификация кодированного звукового потока

5.1.1 Звуковая последовательность

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника

audio sequence() {
  while (*nextbits* ()==*syncword*) {
  frame()
  }
}		

5.1.2 Звуковой фрейм

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника

frame() {
  header()
  error_check()
  audio_data()
  ancillary_data()
}		

5.1.3 Заголовок

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника
header() {		
syncword	12	*bslbf*
ID	1	*bslbf*
layer	2	*bslbf*
protection_bit	1	*bslbf*
bitrate_index	4	*bslbf*
sampling_frequency	2	*bslbf*
padding_bit	1	*bslbf*
private_bit	1	*bslbf*
mode	2	*bslbf*
mode_extension	2	*bslbf*
copyright	1	*bslbf*
original/copy	1	*bslbf*
emphasis	2	*bslbf*
}		

5.1.4 Проверка на ошибки

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника

Error_check() {
  if (*protection_bit* == 0)
  crc_check
}
	16	*rpchof*

5.1.5 Данные звукового сигнала/Уровень I

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника
audio_data () {		
for (*sb*=0; *sb* <*bound*; *sb*++)		
for (*ch*=0; *ch* <*nch*; *ch*++)		
allocation [*ch*] [*sb*]	4	*uimsbf*
for (*sb*=*bound*; *sb* <32; *sb*++) {		
allocation [0] [*sb*]	4	*uimsbf*
allocation [I] [*sb*]=*allocation* [0] [*sb*]		
}		
for (*sb*=0; *sb* <32; *sb*++)		
for (*ch*=0; *ch* <*nch*; *ch*++)		
if (*allocation* [*ch*] [*sb*]! =0)		
scalefactor [*ch*] [*sb*]	6	*uimsbf*
for (*s*=0; s <12; s++) {		
for (*sb*=0; *sb* <*bound*; *sb*++)		
for (*ch*=0; *ch* <*nch*; *ch*++)		
if (*allocationfch*] [*sb*]! =0)		
sample [*ch*] [*sb*] [*s*]	2... 15	*uimsbf*
for (*sb*=*bound*; *sb* <32; *sb*++)		
if (*allocation* [0] [*sb*]! =0)		
sample [0] [*sb*] [*s*]	2... 15	*uimsbf*
}		
}		

5.1.6 Данные звукового сигнала. Уровень II

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника
audio_data()		
{		
for (*sb* = 0; *sb*<*bound*; *sb*++)		
for (*ch*= 0; *ch* <*nch*; *ch*++)		
allocation [*ch*][*sb*]	2 ... 4	*uimsbf*
for (*sb*=*bound*; *sb*<*sblimit*; *sb*++) {		
allocation [0][*sb*]	2 ... 4	*uimsbf*
allocation[1][*sb*] =*allocation* [0][*sb*]		
}		
for (*sb* = 0; *sb* <*sblimit*; *sb*++)		
for (*ch*=0; *ch* <*nch*; *ch*++)		
if (*allocation* [*ch*][*sb*]! =0)		
scfsi [*ch*] [*sb*]	2	*bslbf*
for (*sb*=0; *sb* <*sblimit*; *sb*++)		
for (*ch*=0; *ch* <*nch*; *ch*++)		
if (*allocation* [*ch*] [*sb*]! =0) {		
if (*scfsi* [*ch*] [*sb*] =0) {		
scalefactor [*ch*] [*sb*] [0]	6	*uimsbf*
scalefactor [*ch*] [*sb*] [1]	6	*uimsbf*
scalefactor [*chl* [*sb*] [2]	6	*uimsbf*
}	6	*uimsbf*
if ((*scfsi* [*ch*] [*sb*] =I) || (*scfsi* [*ch*] [*sb*] =3)) {		
scalefactor [*ch*] (*sb*] [0]	6	*uimsbf*
scalefactor [*ch*] [*sb*] [2]	6	*uimsbf*
}		
if (*scfsi* [*ch*] [*sb*] == 2)		
scalefactor [*ch*] [*sb*] [0]	6	*uimsbf*

Окончание таблицы 5.1.6

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника
}		
for (*gr*=0; *gr* <12; *gr*++) {		
for (*sb*=0; *sb* <*bound*; *sb*++)		
for (*ch*=0; *ch* <*nch*; *ch*++)		
if (*allocation* [*ch*] [*sb*]! =0) {		
if (*grouping* [*ch*] [*sb*])		
samplecode [*ch*] [*sb*] [*gr*]	5 ... 10	*uimsbf*
else		
for (*s*=0; *s* <3; *s*++)		
sample [*ch*] [*sb*] [3*gr+s]	3 ... 16	*uimsbf*
}		
for (*sb*=*bound*; *sb* <*sblimit*; *sb*++)		
if (*allocation* [0] [*sb*]! =0) {		
if (*grouping* [0] [*sb*])		
samplecode [0] [*sb*] [*gr*]	5 ... 10	*uimsbf*
else		
for (*s*=0; *s* <3; *s*++)		
sample [0] [*sb*] [3*gr+s]	3 ... 16	*uimsbf*
}		
}		
}		

5.1.7 Данные звукового сигнала. Уровень III

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника
audio_data () {		
main_data_begin	9	*uimsbf*
if (*mode*=*single_channel*)		
private_bits	5	*bslbf*
else		
private_bits	3	*bslbf*
for (*ch*=0; *ch* <*nch*; *ch*++)		
for (*scfsi_band*=0; *scfsi_band* <4; *scfsi_band*++)		
scfsi [*ch*] [*scfsi_band*]	1	*bslbf*
for (*gr*=0; *gr* <2; *gr*++)		
for (*ch*=0; *ch* <*nch*; *ch*++) {		
part2_3_length [*gr*] [*ch*]	12	*uimsbf*
big_values [*gr*] [*ch*]	9	*uimsbf*
global_gain [*gr*] [*ch*]	8	*uimsbf*
scalefac_compress [*gr*] [*ch*]	4	*bslbf*
window_switching_flag [*gr*] [*ch*]	1	*bslbf*
if (*window_switching_flag* [*gr*] [*ch*]) {		
block_type [*gr*] [*ch*]	2	*bslbf*
mixed_block_flag [*gr*] [*ch*]	1	*uimsbf*
for (*region*=0; *region* <2; *region*++)		
table_select [*gr*] [*ch*] [*region*]	5	*bslbf*
for (*window*=0; *window*<3; *window*++)		
subblock_gain [*gr*] [*ch*] [*window*]	3	*uimsbf*
}		
else {		
for (*region*=0; *region* <3; *region*++)		

Окончание таблицы 5.1.7

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника
table_select [*gr*] [*ch*] [*region*]	5	*bslbf*
region0_count [*gr*] [*ch*]	4	*bslbf*
region1_count [*gr*] [*ch*]	3	*bslbf*
}		
preflag [*gr*] [*ch*]	1	*bslbf*
scalefac_scale [*gr*] [*ch*]	1	*bslbf*
countltable_select [*gr*] [*ch*]	1	*bslbf*
}		
main_data ()		
}		

Ниже определяется структура основного потока битов данных. Поле *main_data* в *audio_data*() содержит байты основных данных. Однако из-за свойств кодов Хаффмана, используемых на Уровне III, основные данные кадра обычно не следуют непосредственно за заголовком и служебной информацией об этом кадре. Данные *main_data* начинаются в потоке битов перед заголовком фрейма при отрицательном смещении, заданном значением *main_data_beg.*

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника
main_data () {		
for (*gr*=0; *gr* <2; *gr*++) {		
for (*ch*=0; *ch* <*nch*; *ch*++) {		
if ((*window_switching_flag* [*gr*] [*ch*] =1) && (*block_type* [*gr*] [*ch*] =2)) {		
if (*mixed_block_flag* [*gr*] [*ch*]) {		
for (*sfb*=0; *sfb* <8; *sfb*++)		
scalefac_l [*gr*] [*ch*] [*sfb*]	0... 4	*uimsbf*
for (*sfb*=3; *sfb* <12; *sfb*++)		
for (*window*=0; *window* <3; *window*++)		
scalefac_s [*gr*] [*ch*] [*sfb*] [*window*]	0... 4	*uimsbf*
}		
else {		
for (*sfb*=0; *sfb* <12; *sfb*++)		
for (*window*=0; *window* <3; *window*++)		
scalefac_s [*gr*] [*ch*] [*sfb*] [*window*]	0... 4	*uimsbf*
}		
}		
else {		
if ((*scfsi* [*ch*] [0] =0) || (*gr* = 0))		
for (*sfb*=0; *sfb* <6; *sfb*++)		
scalefac_l [*gr*] [*ch*] [*sfb*]	0... 4	*uimsbf*
if ((*scfsi* [*ch*] [l] =0) || (*gr* = 0))		
for (*sfb*=6; *sfb* <11; *sfb*++)		
scalefac_l [*gr*] [*ch*] [*sfb*]	0... 4	*uimsbf*
if ((*scfsi* [*ch*] [2] == 0) || (*gr* = 0))		
for (*sfb*=11; *sfb* <16; *sfb*++)		

Окончание таблицы

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника
scalefac_l [*gr*] [*ch*] [*sfb*]	0… 3	*uimsbf*
if ((*scfsi* [*ch*] [3] =0) || (*gr* = 0))		
if (*sfb*=16*; sfb* <21*; sfb*++)		
scalefac_l [*gr*] [*ch*] [*sfb*]	0… 3	*uimsbf*
}		
Huffmancodebits ()		
}		
}		
for (*b*=0*; b* <*no_of_ancillary_bits; b*++)		
ancillary_bit}	1	*bslbf*
}		

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника
Huffmancodebits () {		
for 0=0*; I* <*big_values*2; I* + = 2) {		
hcod [|*x*|] [|*y*|]	0… 19	*bslbf*
if (|*x*| == 15 && *linbits*> 0)		
linbitsx	1… 13	*uimsbf*
if (*x!* =0)		
signx	1	*bslbf*
if (|*y*| == 15 && *linbits*> 0)		
linbitsy	1… 13	*uimsbf*
if (*y!* =0)		
signy	1	*bslbf*
is [*l*] = *x*		
is [*l*+1] = *y*}		
}		
for (*; I*<*big values*2+countl*4; I* + = *4*) {		
hcod [|*v*|] [|*w*|] [|*x*|] [|*y*|]	1… 6	*bslbf*
if (*v!* =0)		
signv	1	*bslbf*
if (*w!* =0)		
signw	1	*bslbf*
if (*x!* =0)		
signx	1	*bslbf*
if (*y!* =0)		

Окончание таблицы

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника
signy	1	*bslbf*
is [*l*] = *v*		
is [*l*+*l*] = *w*		
is [*l*+2] = *x*		
is [*l*+3] = *y*		
}		
for (; *l* <576; *l*++)		
is[*l*] = 0		
}		

5.1.8 Дополнительные данные

Синтаксис	Количество битов	Мнемоника
ancillay_data() {		
if ((*layer* == 1) || (*layer* == 2))		
for (*b*=0; *b* <*no_of_ancillary_bits*; *b*++)		
ancillary_bit	1	*bslbf*
}		

5.2 Семантика потока звуковых сигналов

5.2.1 Общая последовательность данных звуковых сигналов

Фрейм:

- Уровни I и II: Часть потока битов, декодируемая с использованием данных, которые содержатся только в ней самой. Уровень I содержит информацию о 384 отсчетах, Уровень II — о 1152 отсчетах. Начинается с синхрослова и заканчивается непосредственно перед следующим синхрословом. Состоит из целого числа слотов (четыре байта на Уровне I, один байт на Уровне II).
- Уровень III: Часть потока битов, декодируемая с использованием ранее полученной основной информации. На Уровне III она содержит информацию о 1152 отсчетах. Несмотря на то что расстояние между соседними сиинхрословами равно целому числу слотов (один байт на Уровне III), аудиоданные одного фрейма обычно не содержатся между двумя соседними синхрословами.

5.2.2 Звуковой фрейм

header — Часть потока битов, содержащая синхронизацию и информацию о состоянии.
error_check — Часть потока битов, содержащая информацию для обнаружения ошибок.
audio_data — Часть потока битов, содержащая информацию об отсчетах звукового сигнала.
ancillary_data — Часть потока битов, которая может использоваться для дополнительных данных.

5.2.3 Заголовок

Первые 32 бита (четыре байта) являются заголовком, который одинаков для всех уровней.
syncword — Синхрослово, битовая строка ‘1111 1111 1111 1111’.
ID — Идентификатор алгоритма. Равен ‘1’ для ISO/IEC11172-3 Аудио, значение ‘0’ зарезервировано. *layer* — 2 бита, определяющие используемый уровень:

Уровень	
‘11’	Уровень I
‘10’	Уровень II
‘01’	Уровень III
‘00’	Зарезервированно

При смене уровня допустим сброс декодера.

protection_bit — Бит, определяющий дополнение нулями, для упрощения обнаружения и устранения ошибок. Равен 1, если дополнение отсутствует, 0 — если таковое присутствует.

bitrate_index — Четыре бита, определяет скорость передачи. При равенстве всех битов нулю устанавливается «свободный формат», при котором используется фиксированная скрость передачи, не указанная в списке. «Фиксированная» означает, что фрейм содержит или *N*, или *N*+1 слотов в зависимости от значения дополнительного бита. *bitrate_index* является индексом таблицы, которая отличается для различных уровней.

bitrate_index указывает на полную скорость передачи независимо от режима (стерео, *joint_stereo, dual_channel, single_channel*):

bitrate_index	Скорость передачи, кбит/с		
	Уровень I	Уровень II	Уровень III
‘0000’	Свободный	Свободный	Свободный
‘0001’	32	32	32
‘0010’	64	48	40
‘0011’	96	56	48
‘0100’	128	64	56
‘0101’	160	80	64
‘0110’	192	96	80
‘0111’	224	112	96
‘1000’	256	128	112
‘1001’	288	160	128
‘1010’	320	192	160
‘1011*	352	224	192
‘1100’	384	256	224
‘1101’	416	320	256
‘1110’	448	384	320
‘1111’	Запрещено	Запрещено	Запрещено

Для обеспечения минимально возможной задержки декодер не обязан поддерживать плавное изменение скорости передачи на Уровне I или II. Уровень III поддерживает переменную скорость передачи с переключением *bitrate_index.* Переключать *bitrate_index* можно либо для оптимизации требования хранения данных на цифровом носителе, либо для интерполяции произвольной средней скорости передачи данных путем переключения между соседними значениями в таблице скорости передачи. Однако при использовании свободного формата скорость передачи должна быть фиксированной. Декодер, работая в свободном режиме, не обязан поддерживать скорости передачи выше 448 кбит/с, 384 кбит/с и 320 кбит/с на Уровнях I, II и III соответственно.

Для Уровня II разрешены не все возможные комбинации скорости передачи и режима (см. следующую таблицу):

Скорость передачи, кбит/с	Разрешенные режимы
Свободный формат	Все режимы
32	Single_channel
48	Single_channel
56	Single_channel
64	Все режимы
80	Single_channel
96	Все режимы
112	Все режимы
128	Все режимы
160	Все режимы
192	Все режимы
224	Стерео, *intensity_stereo, dual_channel*
256	Стерео, *intensity_stereo, dual_channel*
320	Стерео, *intensity_stereo, dual_channel*
384	Стерео, *intensity_stereo, dual_channel*

sampling_frequency — Устанавливает частоту дискретизации, согласно данным следующей таблицы:

Частота дискретизации	Частота, кГц
'00'	44,1
'01'	48
'10'	32
'11'	Зарезервировано

При смене частоты дискретизации возможен сброс звукового декодера.

padding_bit — Если этот бит равен '1', фрейм содержит дополнительный слот для подстройки средней скорости передачи к частоте дискретизации, иначе — бит равен '0'. Дополнение нулями необходимо при частоте дискретизации 44,1 кГц. Дополнение нулями может также требоваться в свободном формате.

Дополнение нулями должно быть применено к потоку битов так, чтобы суммарная длина кодированных фреймов, после определенного количества аудиофреймов не отклонялась более чем на +0, минус 1 слот от следующего вычисленного значения:

$$\text{суммарная длина фрейма} = \sum_{\text{первый фрейм}}^{\text{текущий фрейм}} (frame_size \cdot bitrate / sampling\ frequency),$$

где *frame_size* = 384 для Уровня I и 1152 для Уровня II или III.

Следующий метод может использоваться для определения необходимости дополнения нулями:

для 1-го аудиофрейма:

rest = 0;

padding = нет;

для каждого последующего аудиофрейма:

if (*Level* == 1) *dif* = (12 * *bitrate*) % *sampling_frequency;*
else dif = (144 * *bitrate*) % *sampling_frequency;*
rest = rest — dif;
if (*rest* <0) {
padding = yes;
rest = rest + sampling_frequency;
}
else padding = no;

private_bit — Бит для личного пользования.

mode — Определяет режим согласно следующей таблице. На Уровнях I и II режим *joint_stereo* является *intensity_stereo*, а на Уровне III, это — *intensity_stereo* и/или *ms_stereo*.

mode	Режим
'00'	Стерео
'01'	joint_stereo (intensity_stereo и/или *ms_stereo*)
'10'	dual_channel
'11'	Моно

На Уровне I во всех режимах кроме *joint_stereo*, значение *bound* равно 32. На Уровне II во всех режимах, кроме *joint_stereo*, значение *bound* равно *sblimit*. В режиме *joint_stereo bound* определяется по *mode_extension*.

mode_extension — Эти биты используются в режиме *joint_stereo*. На Уровнях I и II они указывают, какие субполосы находятся в режиме *intensity_stereo*. Все другие субполосы кодируются в режиме стерео:

mode_extension	Субполосы
'00'	Субполосы 4—31 в *intensity_stereo, bound*=4
'01'	Субполосы 8—31 в *intensity_stereo, bound*=8
'10'	Субполосы 12—31 в *intensity_stereo, bound*=12
'11'	Субполосы 16—31 в *intensity_stereo, bound*=16

На Уровне III эти биты указывают тип применяемого метода *joint_stereo*. Частотные диапазоны, для которых применяются режимы *intensity_stereo u ms_stereo*, неявны в алгоритме:

mode_extension	*intensity_stereo*	*ms_stereo*
'00'	Выкл	Выкл
'01'	Вкл	Выкл
'10'	Выкл	Вкл
'11'	Вкл	Вкл

Следует отметить, что режим *stereo* используется, если биты режима указывают на *stereo* или, что эквивалентно, если биты режима указывают на использование режима *joint_stereo* при *mode_extension* показывающем, что режимы *intensity_stereo* и *ms_stereo* выключены.

copyright — Если этот бит равен '0', не защищен авторским правом, '1' — авторские права защищены.

original/copy — Этот бит равен '0', если поток битов является копией, '1', если это оригинал.

emphasis — Указывает на тип частотной коррекции, который должен использоваться:

emphasis	Частотная коррекция
'00'	Нет
'01'	50/15 мкс
'10'	Зарезервировано
'11'	*CCITT J.*17

5.2.4 Проверка на ошибки

crc_check — 16-битный код проверки четности используется для дополнительного обнаружения ошибок в кодированном потоке битов.

5.2.5 Звуковые данные. Уровень I

allocation [*ch*][*sb*] — Указывает количество битов, отведенных для кодирования отсчетов субполосы *sb* канала *ch*. Для субполос в режиме *intensity_stereo* в потоке содержится только один элемент распределения битов:

allocation [*ch*] [*sb*]	Бит на отсчет
0	0
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8
8	9
9	10
10	11
11	12
12	13
13	14
14	15
15	Запрещено

Код '0000' означает, что отсчеты субполосы не передаются.

scalefactor [*ch*] [*sb*] — Определяет коэффициент, на который должны быть умножены квантованные отсчеты субполосы *sb* канала *ch*. Шесть битов образуют беззнаковое целое, соответствующее номеру в таблице Б.1 «Масштабные коэффициенты. Уровни I и II».

sample[*ch*] [*sb*] [*s*] — Переквантованный отсчет *s* субполосы *sb* канала *ch*. Для субполос в режиме *intensity_stereo* кодированное представление допустимо для обоих каналов.

5.2.6 Звуковые данные. Уровень II

allocation [*ch*] [*sb*] — Содержит информацию о квантователях, используемых для отсчетов субполосы *sb* в канале *ch,* о том, была ли использована группировка трех последовательных отсчетов и о количестве битов, используемых для кодирования отсчетов. Значение и длина этого поля зависят от номера субполосы, скорости передачи и частоты дискретизации. Биты в этом поле образуют беззнаковое целое, соответствующее номеру в таблице Б.2а, данные которой определяют количество уров-

ней квантования. Для субполос в режиме *intensity_stereo* поток битов содержит только один элемент данных выделения на субполосу.

scfsi [*ch*] [*sb*] — Содержит информацию о выборе масштабных коэффициентов, передаваемых для субполосы *sb* в канале *ch*, и о том, для каких частей фрейма они действительны. Фрейм делится на три равные части по 12 отсчетов в каждой субполосе:

scfsi[sb]	Масштабные коэффициенты
'00'	Передаются три коэффициента, для частей 0, 1, 2 соответственно
'01'	Передаются два коэффициента, первый для частей 0 и 1, второй для части 2
'10'	Передается один коэффициент для всех трех частей
'11'	Передаются два коэффициента, первый для части 0, второй для частей 1 и 2

scalefactor [*ch* [*sb*] [*p*] — Указывает на коэффициент, на который должны быть умножены квантованные отсчеты субполосы *sb* в канале *ch* части фрейма *p*. Шесть битов составляют беззнаковое целое, соответствующее номеру в таблице Б.1 «Масштабные коэффициенты. Уровни I и II».

grouping [*ch*] [*sb*] — Функция, которая определяет использование группировки при кодировании отсчетов субполосы *sb* канала *ch*. Под группировкой понимается использование одного кодового слова вместо трех при кодировании трех последовательных отсчетов (тройки) текущей субполосы *sb* канала *ch* текущей гранулы *gr. Grouping*[*ch*][*sb*] возвращает истину, если в текущей таблице распределения битов (см. таблицу Б.2а) значение на пересечении строки *sb* и столбца *allocation*[*sb*] равно 3, 5 или 9. В противном случае функция возвращает ложь. Для субполос в режиме *intensity_stereo* группировка допустима для обоих каналов.

samplecode [*ch*] [*sb*] [*gr*] — Кодированное представление трех последовательных отсчетов субполосы *sb* канала *ch* гранулы *gr*. Для субполос в режиме *intensity_stereo* кодированное представление *samplecode* допустимо для обоих каналов.

sample [*ch*] [*sb*] [*s*] — Кодированное представление отсчета *s* субполосы *sb* канала *ch*. Для субполос в режиме *intensity_stereo* кодированное представление выборки допустимо для каналов.

5.2.7 Звуковые данные. Уровень III

main_data_begin — Значение *main_data_begin* используется для определения позиции первого бита основных данных фрейма. Значение *main_data_begin* указывает позицию как отрицательное смещение в байтах от первого байта синхронизации. Байты заголовка и дополнительной информации не учитываются. Например, если *main_data_begin* = 0, то основные данные начинаются после дополнительной информации.

private_bits — Биты для частного пользования. Количество *private_bits* зависит от числа каналов. Выделение битов для *private_bits* используется для увеличения общего количество битов дополнительной информации.

scfsi [*ch*] [*scfsi_band*] — На Уровне III информация о выборе масштабных коэффициентов аналогична информации для Уровня II. Основным различием является использование переменной *scfsi_band* для применения *scfsi* к группам масштабных коэффициентов вместо единичных коэффициентов. Использование масштабных коэффициентов для гранул определяется *scfsi*:

scfsi [*scfsi_band*]	Масштабные коэффициенты
'0'	Коэффициенты передаются для каждой гранулы
'1'	Коэффициенты, переданные для гранулы 0, также верны для гранулы 1

Если используются короткие окна, т. е. *block_type* == 2 для одной из гранул, то *scfsi* всегда равен 0 для этого фрейма.

scfsi_band Управляет информацией о выборе масштабных коэффициентов для групп масштабных коэффициентов (*scfsi_bands*):

scfsi_band	Полосы масштабных коэффициентов (см. таблицу Б.8)
0	0, 1, 2, 3, 4, 5
1	6, 7, 8, 9, 10
2	11 ... 15
3	16 ... 20

*part*2_3_*length* [*gr*] [*ch*] — Это значение содержит число битов *main_data*, используемых для масштабных коэффициентов и данных кода Хаффмана. Поскольку размер дополнительных данных всегда постоянный, то это значение может использоваться для определения позиции начала основной информации для следующей гранулы или положения дополнительной информации (если она присутствует). Следует обратить внимание на то, что аудиофреймы одного канала содержат 17 байтов дополнительной информации, а аудиофреймы стереоканала содержат 32 байта дополнительной информации.

big_values [*gr*] [*ch*] — Спектральные значения каждой гранулы кодируются с использованием различных таблиц Хаффмана. Весь частотный диапазон от нуля до частоты Найквиста делится на несколько областей, которые затем кодируются при помощи различных таблиц. Разделение на области выполняется в соответствии с максимумами квантованных значений с учетом того, что значения на верхних частотах, как ожидается, будут иметь небольшие амплитуды или вообще не будут кодироваться. Начиная с верхних частот подсчитывается количество пар квантованных значений, равных нулю. Это число называют *zero*. Затем подсчитывается количество четверок квантованных значений с абсолютным значением, не превышающим 1 (то есть требующих только 3 возможных уровня квантования). Это число называют *count*1. В результате получается четное число. Наконец, число пар значений в нижней области спектра, вблизи нуля оси частот называется *big_values*. Максимальное абсолютное значение в этом диапазоне равно 8191. На следующем рисунке показано описываемое разделение:

xxxxxxxxxxxxx ——————————— 000000000000000000000000000			
-	|	|	|
1	bigvalues*2	bigvalues*2+countl*4	*iblen*
Значения *xxx* не определены. Их количество кратно двум. Значения — соответствуют –1, 0 или +1. Их количество кратно четырем. Значения 000 соответствуют нулям. Их количество кратно двум. *iblen* равно 576			

global_gain [*gr*] [*ch*] — Информация о размере шага квантования передается в *global_gain*. Используется логарифмическое квантование.

scalefac_compress [*gr*] [*ch*] — Определяет число битов, используемых для передачи масштабных коэффициентов согласно следующей таблице:

scalefac_compress [*gr*]	*slen*1	*slen*2
0	0	0
1	0	1
2	0	2
3	0	3
4	3	0
5	1	1
6	1	2
7	1	3

Окончание таблицы

scalefac_compress [*gr*]	*slen*1	*slen*2
8	2	1
9	2	2
10	2	3
11	3	1
12	3	2
13	3	3
14	4	2
15	4	3

Значения *slen*1 *u slen*2 определяют следующее:

если *block_type* == 0, 1 или 3:

*slen*1 — длина масштабных коэффициентов для полос от 0 до 10;

*slen*2 — длина масштабных коэффициентов для полос 11—20;

если *block_type* == 2 и *mixed_block_flag* == 0:

*slen*1 — длина масштабных коэффициентов для полос от 0 до 5;

*slen*2 — длина масштабных коэффициентов для полос 6—11;

если *block_type* == 2 и *mixed_block_flag* == 1:

*slen*1 — длина масштабных коэффициентов для полос от 0 до 7 (длинное окно) и 3—5 (короткое окно);

*slen*2 — длина масштабных коэффициентов для полос 6—11 (короткое окно).

Примечание — Полосы 0—7 из таблицы полос с длинным окном. Полосы 3—11 из таблицы полос с коротким окном. Эта комбинация разделов непрерывна и охватывает весь спектр частот.

window_switching_flag [*gr*] [*ch*] — Указывает на то, что в блоке используется окно, отличное от нормального (тип 0).

Если флаг *window_switching_flag* установлен, то ряд других переменных устанавливается по умолчанию:

*region*0*_count* = 7 (в случае *block_type* == 1 или *block_type* == 3 или *block_type* == 2 и *mixed_block_flag*);

*region*0*_count* = 8 (в случае *block_type* == 2 и не *mixed_block_flag*);

*region*l*_count* = 36 Таким образом, все оставшиеся значения области *big_value* содержатся в области 1.

Если флаг *window_switching_flag* не установлен, то значение *block_type* равно нулю.

block_type [*gr*] [*ch*] — Указывает на тип окна для гранулы (см. описание набора фильтров, Уровень III):

block_type [*gr*]	Тип окна
0	Зарезервировано
1	Начальный блок
2	3 коротких окна
3	Конечный блок

Block_type и *mixed_block_flag* содержат информацию об объединении значений в блоке и о длине и количестве преобразований. Если *window_switching_flag* == 1, то *mixed_block_flag* указывает, кодируются ли нижние субполосы полифазных фильтров с использованием нормального типа окна.

В случае длинных блоков (*block_type* не равно 2 или, для нижних субполос, *block_type* равно 2 при установленном флаге *mixed_block_flag*) ОМДКП образует 36 выходных значений для каждых 18 входных. Значения на выходе взвешиваются в окне в зависимости от *block_type,* и первая половина складывается со второй половиной предыдущего блока. Получающийся вектор значений одной полосы подается на вход блока полифазных фильтров синтеза.

В случае коротких блоков (для верхних субполос с *block_type* равен 2 при установленном флаге *mixed_block_flag* или для всех субполос с *block_type* равен 2 при сброшенном флаге *mixed_block_flag*) три преобразования выполняются, образуя 12 выходных значений каждое. Эти три вектора выходных значений взвешиваются в окне и складываются друг с другом. Добавление шести нулей к обоим концам результирующего вектора дает вектор длины 36, который обрабатывается как выход длинного преобразования.

mixed_block_flag [*gr*] [*ch*] — Указывает, что для нижних частот используется тип окна, который отличен от используемого на высоких частотах. Если *mixed_block_flag* равен 0, то все блоки преобразуются в соответствии с *block_type* [*gr*] [*ch*]. Если *mixed_block_flag* равен 1, то частотные линии, соответствующие двум самым нижним субполосам полифазного набора фильтров, преобразуются с нормальным окном (*block_type*==0), в то время как оставшиеся 30 субполос преобразуются с *block_type* [*gr*] [*ch*].

table_select [*gr*] [*ch*] [*region*] — Различные кодовые таблицы Хаффмана используются в зависимости от максимального квантованного значения и локальной статистики сигнала.

subblock_gain [*gr*] [*ch*] [*window*] — Указывает изменение усиления (квантование с коэффициентом 4) текущего субблока по отношению к глобальному усилению одного субблока. Используется только с типом блока 2 (короткие окна). Значения субблока должны быть разделены в декодере на $4^{(subblock_gain\ [window])}$.

*region*0*_count* [*gr*] [*ch*] — Дальнейшее разделение спектра используется для улучшения производительности кодера Хаффмана. Делению подлежит область *big_values*. Цель этого деления состоит в том, чтобы получить лучшую устойчивость к ошибкам и лучшую эффективность кодирования. Используются три области — 0, 1 и 2. Каждая область кодируется с помощью отдельной таблицы Хаффмана в зависимости от максимального квантованного значения и статистических свойств сигнала.

Значения *region*0*_count u region*l*_count* используются для указания на границы областей. Границы области выравниваются по полосам масштабных коэффициентов.

Поле *region*0*_count* содержит значение на единицу меньшее, чем количество полос масштабных коэффициентов в области 0. В случае коротких блоков каждая полоса масштабирующего коэффициента считается три раза, по разу на каждое короткое окно так, что *region*0*_count,* равное 8, указывает, что область 1 начинается с полосы номер 3.

Если *block_type*=2 и *mixed_block_flag*=0, общее количество полос масштабных коэффициентов для гранулы в этом случае равно 12*3=36. Если *block_type*=2 и *mixed_block_flag*=1, количество полос равно 8+9*3=35. Если *block_type*!=2, количество полос масштабных коэффициентов равно 21.

*region*1*_count* [*gr*] [*ch*] — На единицу меньше числа полос масштабных коэффициентов в области 1. Если block_type = 2, то полосы масштабных коэффициентов, представляющие различные временные интервалы, считаются отдельно.

preflag [*gr*] [*ch*] — Флаг дополнительного усиления ВЧ квантованных значений. Если *preflag* установлен, значения таблицы добавляются к масштабным коэффициентам (см. таблицу Б.6). Это эквивалентно умножению повторно квантованных масштабных коэффициентов на табличные значения. Если *block_type*=2 («короткие» блоки), *preflag* никогда не используется.

scalefac_scale [*gr*] [*ch*] — Масштабные коэффициенты логарифмически квантуются с размером шага 2 или $\sqrt{2}$ в зависимости от *scalefac_scale*. В следующей таблице даны множители масштабных коэффициентов, используемые в уравнении квантования для каждого шага:

scalefac_scale [*gr*]	*scalefac_multiplier*
0	0,5
1	1

count1table_select [*gr*] [*ch*] — Этот флаг определяет одну из двух возможных таблиц Хаффмана для области тетрад квантованных значений с величиной, не превышающей 1:

count1table_select [*gr*]	Таблица Хаффмана
0	Таблица Б.7 (А)
1	Таблица Б.7 (Б)

*scalefac_*1 [*gr*] [*ch*] [*sfb*], *scalefac_s* [*gr*] [*ch*] [*sfb*] [*window*], *is_pos* [*sfb*] — Масштабные коэффициенты используются, чтобы окрасить шумы квантования. Правильная окраска шумов квантования позволяет полностью их маскировать. В отличие от Уровней I и II на Уровне III масштабные коэффициенты не несут информации о локальных максимумах квантованного сигнала. На Уровне III масштабные коэффициенты используются в декодере, чтобы получить коэффициенты, на которые будут разделены группы значений. В случае Уровня III группы расширяются на несколько спектральных линий. Эти группы называют полосами масштабных коэффициентов и они выбираются так, чтобы приблизить критические полосы настолько близко, насколько возможно.

Из таблицы *scalefac_compress* видно, что масштабные коэффициенты 0 ... 10 находятся в диапазоне от 0 до 15 (максимальная длина 4 бита) и масштабные коэффициенты 11... 21 — в диапазоне от 0 до 7 (максимальная длина 3 бита).

Если включен режим *intensity_stereo* (*modebit_extension*), масштабные коэффициенты части *zero_part* разностного (правого) канала используются в качестве позиций *intensity_stereo, is_pos* [*sfb*]. *is_pos* [*sfb*] является позицией *intensity_stereo* для полосы *sfb*.

Разделение спектра на полосы масштабных коэффициентов фиксировано для каждой возможной длины блока и частоты дискретизации и сохранено в таблицах в кодере и декодере. Масштабным коэффициентом для спектральных линий выше самой высокой линии в таблицах является нуль, то есть фактический коэффициент равен 1,0.

Значения масштабных коэффициентов квантуются логарифмически. Шаг квантования устанавливается в *scalefac_scale*.

huffmancodebits() — Данные, закодированные с помощью кода Хаффмана.

Синтаксис *huffmancodebits*() показывает, как кодируются квантованные значения. В пределах участка *big_values* пары квантованных значений с абсолютным значением меньше 15 кодируются напрямую с использованием кода Хаффмана. Коды выбираются из таблиц Хаффмана с 0 по 31 в Б.7. Всегда кодируются пары значений (*x*, *y*). Если квантованные значения имеют амплитуду, большую или равную 15, то они кодируются раздельно. Если одно или оба значения пары отличны от нуля, один или два знаковых бита должны быть добавлены к кодовой комбинации.

Таблицы Хаффмана для *big_values* раздела состоят из трех параметров:

hcod [|*x*|] [|*y*|] — элемент таблицы значений кода Хаффмана для значений *x,y*.

hlen [|*x*|] [|*y*|] — элемент таблицы длин кода Хаффмана для значений *x, y*.

linbits — длина *linbitsx* или *linbitsy*, если они кодируются.

Синтаксис для *huffmancodebits* содержит следующие поля и параметры:

signv — знак *v* (0 если положительный, 1, если отрицательный).

signw — знак *w* (0 если положительный, 1, если отрицательный).

signx — знак *x* (0 если положительный, 1, если отрицательный).

signy — знак *y* (0 если положительный, 1, если отрицательный).

linbilsx — Используется для кодирования значения *x*, большего или равного 15. Это поле кодируется, только если |*x*| в *hcod* равен 15. Если *linbits* равно нулю, то есть никакие биты не были фактически кодированы при |*x*|==15, то значение *linbitsx* приравнивается к нулю.

linbitsy — То же самое, что и *linbitsx*, но для *y*.

is[1] — Квантованное значение спектральной линии номер 1.

Поля *linbitsx* или *linbitsy* используются только при кодировании значений, больших или равных 15. Эти поля интерпретируются как целые числа без знака и добавляются к 15, чтобы получить кодированное значение. Поля *linbitsx* и *linbitsy* никогда не используются, если выбрана таблица для блоков с максимальным квантованным значением меньше 15. Следует обратить внимание на то, что значение 15 все еще может быть закодировано таблицей Хаффмана, для которой *linbits* является нулем. В этом случае поля *linbitsx* или *linbitsy* не кодируются, так как *linbits* является нулем.

В пределах раздела *count*1 кодируются тетрады значений с амплитудой, меньшей или равной единице. Значения кодируются с использованием кодов Хаффмана из таблиц (А) или (Б) в таблицах Б.7. Снова для каждого ненулевого значения добавляется бит знака после символа кода Хаффмана.

Таблицы Хаффмана для раздела *count*1 включают следующие параметры:

hcod [|*v*|] [|*w*|] [|*x*|] [|*y*|] – Элемент таблицы значений кода Хаффмана для значений *v, w, x, y.*

hlen [|*v*|] [|*w*|] [|*x*|] [|*y*|] – Элемент таблицы длин кода Хаффмана для значений *v, w, x, y.*

Таблица кода Хаффмана В не является настоящим 4-мерным кодом, потому что она создается из тривиального кода: 0 кодируется с 1, и 1 кодируется с 0.

Квантованные значения выше раздела *count*1 являются нулями, таким образом, они не кодируются.

Параметр *count*1 используется здесь для указания на число кодов Хаффмана в *count*1 области. Однако, в отличие от раздела *bigvalues*, число значений в разделе *count*1 не кодируется явным образом. Конец раздела *count*1 известен только тогда, когда все биты гранулы (определяемые *part*2_3_*length*) были исчерпаны и значение *count*1 становится точно известным после декодирования области *count*l.

Порядок следования данных кода Хаффмана зависит от *block_type* гранулы. Если *block_type* равен 0, 1 или 3, данные кода Хаффмана упорядочиваются по нарастанию частоты.

Если *block _type*=2 (короткие блоки), данные Хаффмана организуются в том же самом порядке, что и значения масштабных коэффициентов для гранулы. Данные Хаффмана даются для последовательных полос масштабных коэффициентов начиная с полосы 0. В пределах каждой полосы данные соответствуют последовательным временны́м окнам начиная с окна 0 и заканчивая окном 2. В пределах каждого окна квантованные значения располагаются в порядке увеличения частоты.

5.2.8 Дополнительные данные

Ancillary_bit — Бит, определяемый пользователем.

Количество дополнительных битов (*no_of_ancillary_bits*) равно доступному числу битов в аудиофрейме минус число битов заголовка, проверочных битов и аудиоданных. На Уровнях I и II *no_of_ancillary_bits* соответствует расстоянию между концом аудиоданных и началом следующего заголовка. На Уровне III *no_of_ancillary_bits* соответствует расстоянию между концом *Huffman_code_bits* и позицией в потоке, на которую ссылается указатель следующего фрейма *main_data_begin.*

5.3 Процесс декодирования данных звука

5.3.1 Общие сведения

Первым действием является синхронизация декодера с входным потоком битов. Для этого выполняется обнаружение в потоке 12-битного синхрослова. В некоторых приложениях поля *ID*, уровень и *protection status* заранее известны, и, таким образом, первые 16 битов заголовка должны быть расценены как 16-битная синхропоследовательность, делая тем самым синхронизацию более надежной. Позиция соседних синхрослов может быть вычислена из информации, предоставленной семью битами после *protection_bit*: поток битов подразделяется на слоты. Расстояние между началами двух соседних синхрослов составляет *N* или *N* + 1 слотов. Значение *N* зависит от уровня.

Для Уровня I верно следующее равенство:

$$N = 12\frac{bitrate}{sampling_frequency};$$

для Уровней II и III:

$$N = 144\frac{bitrate}{sampling_frequency}.$$

Если результат не является целым числом, то он округляется и требуется дополнение. В этом случае число слотов во фрейме будет меняться в пределах *N* и *N* + 1. Бит пэддинга устанавливается в '0', если число слотов равно *N*, и в '1' в противном случае. Знание точной позиции синхрослов значительно облегчает синхронизацию.

Если индекс скорости передачи равен '0000', точная скорость передачи не обозначается. *N* может быть определено из расстояния между соседними синхрословами и значением бита пэддинга.

Биты режима должны быть считаны из потока, и если их значение равно '01', то также должны быть считаны биты *mode_extension*. Биты *mode_extension*, установленные в *bound*, указывают тем самым на субполосы, кодированные в режиме *joint_stereo*.

Если бит защиты в заголовке равен '0', проверочное слово *CRC* находится в потоке битов сразу после заголовка. В качестве метода обнаружения ошибок используется *CRC* 16 с порождающим полиномом

$$G(X) = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1.$$

Начальное состояние сдвигового регистра '1111 1111 1111 1111'. Затем все биты, включенные в проверку *CRC,* поступают в блок, показанный на рисунке А.9. После введения каждого бита сдвиговый регистр смещается на один бит. После последней операции сдвига выходы $b_{15} \ldots b_0$ составляют слово, которое сравнивается со словом проверки *CRC*. Если эти слова неидентичны, ошибка передачи произошла в защищенном поле потока битов. Во избежание раздражающих искажений рекомендуется ис-

пользование методов маскировки ошибок, таких как заглушение текущего фрейма или повторение предыдущего фрейма.

5.3.2 Уровень I

После части декодирования, общей для всех уровней, считывается информация о распределении битов для всех субполос и масштабные коэффициенты для субполос с ненулевым распределением битов. Блок-схема алгоритма декодера дана на рисунке А.1.

5.3.2.1 Переквантование субполосных отсчетов

Из информации о распределении битов известно число битов *nb*, которое должно быть считано из субполосных отсчетов. После того как биты одного отсчета были считаны из потока, первый бит инвертируется. Полученное таким образом число можно рассматривать как дробное число (меньше единицы) в дополнительном коде, где *MSB* представляет значение минус один. Переквантование выполняется по формуле

$$s'' = \frac{2^{nb}}{2^{nb}-1}\left(s''' + 2^{-nb+1}\right),$$

где s'' — переквантованное значение;

nb — количество битов, выделеное на кодирование отсчетов субполосы;

s''' — дробное число.

Отсчеты субполос, которые находятся в режиме *intensity_stereo*, должны быть скопированы в оба канала. Переквантованные значения должны повторно масштабироваться. Коэффициенты даны в таблице Б.1. Повторно масштабируемое значение s' вычисляется как

$$s' = factor * s'',$$

где *factor* — масштабный коэффициент.

5.3.2.2 Субполосный фильтр синтеза

Если на субполосу не было выделено ни одного бита, то отсчеты этой полосы заменяются нулями. Каждый раз, после определения отсчетов всех 32 субполос одного канала, полученные отсчеты поступают на субполосный фильтр синтеза для получения 32 последовательных звуковых отсчетов. На рисунке А.2 показан процесс реконструкции. Коэффициенты N_{ik} для операции матрицирования задаются формулой

$$N_{ik} = \cos\left[(16+i)(2k+1)\frac{\pi}{64}\right]; \quad 0 \le i \le 63,\ 0 \le k \le 31.$$

Значения оконной функции D_i содержатся в таблице Б.3 «Коэффициенты D_i окна синтеза». Коэффициенты были получены численной оптимизацией. Один фрейм содержит $12 * 32 =$ 384 отсчетов субполосы, которые в результате фильтрации преобразуются в 384 звуковых отсчета.

5.3.3 Уровень II

5.3.3.1 Декодирование информации о распределении битов

Уровень II является более эффективным, однако на нем используется более сложная схема кодирования по сравнению с Уровнем I. Блок-схема декодера, приведенная на рисунке А.1, применяется к Уровням I и II. Первым шагом является декодирование, общее для всех трех уровней (см. 5.3.1).

Для различных комбинаций скорости передачи и частоты дискретизации применяются различные таблицы распределения битов (таблица Б.2). Скорости передачи в заголовках таблицы даются на канал. Если используется режим, отличный от *single_channel*, значение скорости передачи должно быть разделено на два для получения скорости передачи на канал. Декодирование информации о распределении битов выполняется в три шага. Первый шаг заключается в чтении *nbal* (2, 3 или 4) бит информации для одной субполосы. Значение *nbal* дается во втором столбце таблицы Б.2. Эти биты должны интерпретироваться как беззнаковое целое. На втором шаге это число и номер субполосы используются как индексы таблицы для определения табличного значения, соответствующего количеству уровней квантования *nlevels,* которое применялось при квантовании отсчетов субполосы. На третьем шаге по таблице Б.4 определяется число битов, использованное для кодирования квантованных отсчетов, коэффициенты квантования и наличие группировки для трех последовательных отсчетов субполосы. Из таблиц распределения битов становится видно, что для некоторых самых верхних субполос никогда не будут выделены биты. Номер субполосы, выше которой включительно не будут выделяться биты, присваивается идентификатору *sblimit.*

5.3.3.2 Декодирование информации о выборе масштабных коэффициентов

36 отсчетов одной субполосы в пределах фрейма делятся на три равные части по 12 отсчетов. У каждой части может быть свой масштабный коэффициент. Количество масштабных коэффициентов, которое должно быть считано из потока битов, зависит от *scfsi*[*sb*].

Информация о выборе масштабных коэффициентов *scfsi*[*sb*] считывается из потока битов для субполос с ненулевым выделением битов. Если *scfsi*[*sb*] равно '00', то передаются три масштабных коэффициента для частей 0, 1, 2 соответственно. Если *scfsi*[*sb*] равно '01', то передаются два масштабных коэффициента, первый — для частей 0 и 1, второй — для части 2. Если *scfsi*[*sb*] равно '10', передается один масштабный коэффициент для всех трех частей. Если *scfsi*[*sb*] равно '11', передаются два масштабных коэффициента, первый — для части 0, второй — для частей 1 и 2.

5.3.3.3 Декодирование масштабных коэффициентов

Кодированные значения масштабных коэффициентов для каждой субполосы с ненулевым выделением битов считываются из потока битов. Количество кодированных масштабных коэффициентов и часть субполосных отсчетов, к которым они относятся, определяются с помощью *scfsi* [*sb*]. 6 битов кодированного значения масштабного коэффициента интерпретируются как беззнаковое целое, соответствующее номеру в таблице Б.1. Из этой таблицы определяется масштабный коэффициент, на который соответствующие субполосные отсчеты должны быть умножены после переквантования.

5.3.3.4 Переквантование субполосных отсчетов

Далее производится считывание кодированных отсчетов. Как следует из 5.1.6, кодированные отсчеты объединены по тройкам, так что одно кодовое слово соответствует трем последовательным отсчетам. В таблице Б.4 показано, сколько битов необходимо считать из потока для получения одной тройки в каждой полосе, а также состоит ли текущий код из трех последовательных отдельных кодов, соответствующих трем отсчетам, или одного объединенного кода для трех отсчетов (группировка). В последнем случае должна быть выполнена процедура разбиения группы (*degrouping*). Объединенный код должен быть расценен как беззнаковое целое *C*. Следующий алгоритм образует три отдельных кодовых слова *s*[0], *s*[1], *s*[2].

for (*i*=0; *i* <3; *i*++) {
  s [*i*] = *c* % *nlevels*
  C = *C DIV nlevels*
},

где *nlevels* — количество шагов (см. таблицу Б.2).

Первый бит каждого из трех кодовых слов должен быть инвертирован, и полученные значения должны быть интерпретированы как дробные значения в дополнительном коде, где *MSB* представляет значение минус один. Переквантование выполняется с помощью линейного выражения:

$$s'' = C(s''' + D),$$

где s'' — переквантованное значение;

s''' — дробное число.

Значения констант *C* и *D* даются в таблице Б.4. Переквантованные значения должны повторно масштабироваться. Масштабные коэффициенты даны в таблице Б.1. Повторно масштабируемые значения *s*' вычисляются как

$$s' = factor * s'',$$

где *factor* — масштабный коэффициент.

5.3.3.5 Субполосный фильтр синтеза

Если на субполосу не было выделено ни одного бита, то отсчеты этой полосы заменяются нулями. Каждый раз, после определения отсчетов всех 32 субполос одного канала, отсчеты поступают на субполосный фильтр синтеза для получения 32 последовательных звуковых отсчетов. На рисунке А.2 показан процесс реконструкции. Коэффициенты N_{ik} для операции матрицирования задаются формулой

$$N_{ik} = \cos\left[(16 + i)(2k + 1)\frac{\pi}{64}\right], \quad 0 \le i \le 63, 0 \le k \le 31.$$

Значения оконной функции D_i содержатся в таблице Б.3. Один фрейм содержит $36 * 32 = 1152$ отсчета субполосы, которые в результате фильтрации преобразуются в 1152 звуковых отсчета.

5.3.4 Уровень III

5.3.4.1 Декодирование

Дополнительная разрешающая способность по частоте обеспечивается с помощью гибридного набора фильтров. Каждая полоса при помощи МДКП разделяется на 18 частотных линий. Длина окна МДКП составляет 36 отсчетов. Для контроля временных артефактов (пре-эхо) используется адаптивное

переключение окон. Имеется возможность выбора частоты, выше которой используются короткие блоки, обеспечивающие лучшее разрешение по времени. Части сигнала ниже этой частоты в зависимости от *mixed_block_flag* кодируются с лучшей разрешающей способностью по частоте, части сигнала, лежащие выше, кодируются с лучшим разрешением по времени.

Частотные составляющие квантуются по нелинейной шкале и кодируются методом Хаффмана. Кодер Хаффмана использует одну из 18 различных кодовых таблиц (см. таблицу Б.7). Для повышения эффективности кодера Хаффмана и уменьшения пре-эха используется буфер. Размер входного буфера равен размеру одного фрейма при скорости передачи 160 кбит/с на канал на Уровне III. Применяется метод кратковременного буфера, называемый «резервуар битов», так как последний использует переменную скорость передачи с максимальным интегральным смещением от средней скорости передачи.

Каждый фрейм содержит данные 2 гранул. Данные во фрейме организованы следующим образом.

Заголовок и часть аудиоданных составляют служебную информацию:

- указатель *main_data_begin;*
- служебная информация об обеих гранулах (*scfsi*);
- служебная информация о грануле 1;
- служебная информация о грануле 2.

Основные данные (указатель *main_data_begin* определяет отрицательное смещение относительно позиции первого байта заголовка):

- масштабные коэффициенты и коды Хаффмана для гранулы 1;
- масштабные коэффициенты и коды Хаффмана для гранулы 2;
- дополнительные данные.

Сначала выполняется синхронизация декодера с входным потоком битов так же, как и на других уровнях. Данные заголовка (первые 32 бита, включая синхрослово) считываются так же, как и на других уровнях. Информация о частоте дискретизации используется для выбора соответствующей таблицы полос масштабных коэффициентов (см. приложение Б.8).

5.3.4.2 Служебная информация

Служебная информация должна быть извлечена из потока битов и сохранена для использования при декодировании соответствующего фрейма. Информация о выборе таблицы используется для выбора таблицы декодера Хаффмана и числа битов *ESC* (*linbits*) согласно таблице Б.7.

5.3.4.3 Начало *main_data*

Биты *main_data* (масштабные коэффициенты, кодированные методом Хаффмана данные и дополнительная информация) не обязательно должны следовать сразу же за битами служебной информации. Это показано на рисунках А.7а и А.7б. Начало *main_data* определяется при помощи указателя *main_data_begin* в текущем фрейме. Основные данные распределяются так, чтобы они находились во входном буфере в момент поступления в него заголовка следующего фрейма. Декодер должен пропустить заголовок и служебную информацию при декодировании *main_data.* Их позиции определяются из *bitrate_index* и *padding_bit.* Длина заголовка всегда составляет 4 байта, длина служебных данных составляет 17 байтов в режиме *single_channel* и 32 байта в других режимах. Основные данные могут охватывать более чем один блок заголовка и служебной информации (см. рисунок А.7б).

5.3.4.4 Буфер

Для расчета максимального количества битов, используемых для одной гранулы, применяется следующее правило.

Размер буфера составляет 7680 битов. Это значение максимально на каждой скорости передачи. При максимально возможной для Уровня III скорости передачи (320 кбит/с на канал) и частоте дискретизации 48 кГц средняя длина фрейма составляет $(320000/48000)*1152 = 7680$ битов. Следовательно, фреймы должны иметь постоянную длину на этой скорости передачи и частоте дискретизации. На скорости 64 кбит/с (128 кбит/с стерео) средняя длина гранулы составляет $(64000/48000)*576 = 768$ битов при частоте дискретизации 48 кГц. Это означает, что максимальное отклонение (кратковременный буфер), допустимое при скорости 64 кбит/с, равно $7680 - 4*768 = 4608$ битам. Фактическое отклонение равно числу байтов, обозначенных указателем смещения *main_data_begin.* Фактическое максимальное отклонение 2 ^ 9 * 8 бит = 4096 битов. Для промежуточных скоростей передачи задержка и размер буфера могут быть вычислены соответственно. Обмен буфером между левым и правым каналами в стереопотоке битов позволяется без ограничений. Из-за ограничения на размер буфера *main_data_begin* всегда устанавливается в 0 в случае *bitrate_index* = 14, то есть скорости передачи данных 320 кбит/с на один канал стерео. В этом случае все данные распределяются между соседними заголовками.

При частотах дискретизации ниже 48 кГц размер буфера должен быть ограничен так, чтобы его действительное значение было достаточным, как в случае с буфером, определенным выше для 48 кГц.

5.3.4.5 Масштабные коэффициенты

Масштабные коэффициенты декодируются в соответствии с *slen*1 и *slen*2, которые в свою очередь определяются непосредственно из значений *scalefac_compress.* Декодированные значения могут использоваться в таблице или для непосредственного вычисления коэффициентов для каждой полосы. При декодировании второй гранулы необходимо учитывать *scfsi.* Для полос, в которых соответствующий *scfsi* равен 1, масштабные коэффициенты первой гранулы также используются и для второй гранулы, поэтому они не передаются для нее.

Число битов, отводимых для кодирования масштабных коэффициентов, называется *part2_length* и вычисляется следующим образом:

для *block_type* == 0, 1 или 3 (длинные блоки),

part2_length = 11* *slen*1 +10 **slen2;*

для *block_type* = 2 (короткие блоки) и *mixed_block_flag* = 0,

part2_length = 18 * *slen*1 +18 * *slen2;*

для *block_type* = 2 (короткие блоки) и *mixed_block_flag* = 1,

part2_length = 17**slen*1 + 18**slen2.*

Эти формулы действительны, если *gr* = 0 или *gr* = 1 и *scfsi* [*ch*] [*scfsi_band*] = 0 для всех *scfsi_bands,* то есть информация о выборе масштабных коэффициентов не используется.

5.3.4.6 Декодирование кода Хаффмана

Вся необходимая информация, включая таблицу декодирования дерева кода Хаффмана, может быть получена из таблицы Б.7. Сначала декодируются данные *big_values* по таблицам с номером *table_select* [*gr*] [*ch*] [*region*]. Частотные линии в областях 0, 1 и 2 декодируются в парах до восстановления количества пар *big_values.* Оставшиеся биты кода Хаффмана декодируются с помощью таблицы из *count*1*table_select* [*gr*] [*ch*]. Декодирование выполняется до тех пор, пока все биты кода Хаффмана не оказываются восстановленными или пока квантованные значения, соответствующие 576 частотным линиям, не оказываются декодированными. Если количество битов кода Хаффмана превышает необходимое для декодирования 576 значений, то эти биты расцениваются как биты стаффинга и отбрасываются. Переменная *count*1 определяется с помощью *count*1*table_select* как число тетрад декодируемых значений.

5.3.4.7 Переквантователь

При квантовании используется неравномерная шкала с *power law.* Для каждого выходного значения декодера Хаффмана *is* вычисляется $|is|^{4/3}$. Это может быть сделано при помощи таблицы или непосредственным вычислением.

Весь процесс обработки, от декодируемых значений Хаффмана до входных значений набора фильтров синтеза, описывается одной формулой. В ней содержатся все необходимые масштабные коэффициенты. Выходные данные восстанавливаются из переквантованных значений. Общее усиление и значения усиления субблоков влияют на все значения в пределах одного временно́го окна (в случае *block_type*=2). Масштабные коэффициенты и префлаг корректируют усиление в пределах каждой полосы масштабных коэффициентов. Ниже приведено уравнение переквантования для коротких блоков. Декодированное *i*-е значение кода Хаффмана обозначено как is_i; входные отсчеты *i* набора фильтров синтеза обозначены xr_i:

$$xr_i = \mathrm{sign}(is_i)|is_i|^{\frac{3}{4}} \cdot 2^{\frac{1}{4}(global_gain[gr]-210-8subblok_gain[window][gr])} \times$$
$$\times 2^{-(scalefac_multiplier*scalefac_s[gr][ch][sfb][window])}$$

Для длинных блоков

$$xr_i = \mathrm{sign}(is_i)|is_i|^{\frac{3}{4}} \cdot 2^{\frac{1}{4}(global_gain[gr]-210)} \times$$
$$\times 2^{-(scalefac_multiplier\cdot(scalefac_l[sfb][ch][gr]+preflag[gr]pretab[sfb]))}$$

Значение *pretab*[*cb*] дано в таблице Б.6 со значениями предкоррекции. Постоянная 210 необходима для корректного масштабирования и является системной константой. Набор фильтров синтеза реализуется согласно формулам, данным ниже. Диапазон выходных значений декодера (ИКМ-отсчетов) от –1,0 до +1,0.

5.3.4.8 Реорганизация

Если используются короткие блоки (*block_type*=2), то повторно масштабируемые данные *xr* [*scf_band*][*window*][*freq_line*] должны быть реорганизованы в порядке следования субполос *xr* [*subband*][*window*][*freq_line*] для выполнения ОМДКП.

5.3.5 Обработка стереосигналов

После переквантования, восстановленные значения перед поступлением в набор фильтров синтеза обрабатываются для режимов *ms_stereo* или/и *instensity_stereo*. В режиме *ms_stereo* оба канала гранулы должны иметь одинаковый *block_type*.

5.3.5.1 Режим *ms_stereo*

Этот переключатель режима (расположенный в заголовке *mode_extension*) позволяет переключаться между «независимым стерео» и *ms_stereo*. Если *ms_stereo* включен, но *intensity_stereo* не доступен, то весь спектр декодируется в *ms_stereo*. Если и *ms_stereo* и *intensity_stereo* включены, то верхняя граница, до которой полосы масштабных коэффициентов декодируются в *ms_stereo*, получается из *zero_part* разностного (правого) канала. В этом случае полоса, в которой присутствует последняя ненулевая частотная линия, является последней полосой, к которой применяются уравнения *ms_stereo*. Выше этой границы может использоваться режим *intensity_stereo*, если он был включен в заголовке. Часть *zero_part* разностного канала является частью спектра от *bigvalues* * 2 + *count*l * 4 до частоты Найквиста.

5.3.5.2 Матрица MS

В режиме *ms_stereo* значения нормализованных среднего/бокового каналов M_i/S_i передаются вместо значений левого/правого каналов L_i/R_i. Таким образом, L_i/R_i восстанавливаются по формуле

$$L_i = \frac{M_i + S_i}{\sqrt{2}}; R_i = \frac{M_i + S_i}{\sqrt{2}}.$$

Значения M_i поступают в левый канал, а значения S_i — в правый.

Если окна переключаются, то каналы *M* и *S* должны переключаться синхронно.

5.3.5.3 Режим *intensity_stereo*

Этот переключатель режима (расположенный в заголовке *mode_extension*) позволяет переключаться между «нормальным стерео» и *intensity_stereo*. На Уровне III, *intensity_stereo* реализуется не путем использования пары масштабных коэффициентов *s*, как на Уровнях I и II, а через определение амплитуды (как обычно, по масштабным коэффициентам правого канала) и позиции стерео $is_pos_{sb}[sfb]$. Значение $is_pos_{sb}[sfb]$ передается вместо масштабных коэффициентов правого канала. Позиция стерео используется для получения сигналов левого и правого каналов согласно формулам, приведенным ниже. Нижняя граница полос масштабных коэффициентов, декодируемых в режиме *intensity_stereo,* получается из *zero_part* правого канала. Выше этой границы декодирование *intensity_stereo* применяется на основе масштабных коэффициентов правого канала как позиций *intensity_stereo*. Позиция *intensity_stereo* 7 в одной полосе указывает, что эта полоса не декодируется как *intensity_stereo*.

Полосы масштабных коэффициентов:

| | | | | | | | | | | ... | | |

|<---- *nonzero_part* часть спектра (правый канал) ---> | <--- *zero_part* часть спектра ---->|

|<---- *m/s* или *l/r stereo coded part* ----------> | <--- *intensity stereo coded part* ---->|

Для каждой полосы (sb), кодированной в intenstiy_stereo, выполняются следующие шаги:

1) позиция стереоинтенсивности s_pos_{sb} считывается из масштабного коэффициента правого канала;

2) если (*is_ possb* = 7), следующие шаги не выполняются (недопустимый *is_pos*);

3) $is_ratio = \tan\left(is_pos_{sb} \cdot \frac{\pi}{12}\right)$;

4) $L_i := L_i \frac{is_ratio}{1 + is_ratio}$ для всех индексов *i* в пределах текущей полосы sb;

5) $R_i := L_i \frac{1}{1 + is_ratio}$ для всех индексов *i* в пределах текущей полосы sb.

5.3.6 Набор фильтров синтеза

На рисунке А.4 показана блок-схема, включающая в себя набор фильтров синтеза. Частотные линии предварительно обрабатываются по схеме устранения элайзинга (см. блок-схемы на рисунке А.5 и таблицу Б.9 для коэффициентов) и поступают в матрицу ОМДКП по 18 значений в один блок преобразования. Первая половина выходных значений складывается с сохраненными значениями последнего блока. Эти значения являются новыми выходными значениями и входными значениями для полифазного набора фильтров. Вторая половина выходных значений сохраняется для перекрытия с данными следующей гранулы. Для каждой четной субполосы полифазного набора фильтров каждое четное входное значение умножается на минус один, чтобы устранить частотную инверсию в полифазном наборе фильтров.

5.3.6.1 Устранение элайзинга

Для «длинных» гранул (*block_type!*= 2) данные, поступающие на вход набора фильтров синтеза, перед ОМДКП подлежат устранению элайзинга. Следующий псевдокод описывает процедуру устранения элайзинга:

for (*sb*=l; *sb* <32; *sb*++)
  for (*i*=0; *i* <8; *i*++) {
    xar [18*sb* – 1 – *i*] = *xr* [18*sb* – 1 – *i*] $cs_{[i]}$ – *xr* [18*sb*+*i*] $ca_{[i]}$
    xar [18*sb*+*i*] = *xr* [18*sb*+*i*] $cs_{[i]}$ + *xr* [18*sb* – l – *i*] $ca_{[i]}$
  }

Индексы массивов *xar*[] и *xr*[] указывают на частотные линии в грануле, расположенные в порядке возрастания частоты, причем нуль является индексом самой нижней частотной линии, а 575 — самой верхней.

Устранение элайзинга не применяется для гранул с *block_type* = 2 (короткий блок).

5.3.6.2 ОМДКП

В следующем выражении *n* — количество отсчетов в окне (для коротких блоков *n* = 12, для длинных блоков *n* = 36). В случае блока типа *short* каждый из трех коротких блоков преобразуется отдельно, *n*/2 значений X_k преобразуется в *n* значений x_i. Аналитическое выражение для ОМДКП:

$$x_i = \sum_{k=0}^{\frac{n}{2}-1} X_k \cos\left(\frac{\pi}{2n}\left(2i+1+\frac{\pi}{2}\right)(2k+1)\right) \qquad \text{для } i = 0 \text{ до } n-1$$

5.3.6.3 Окна

В зависимости от типа блока *block_type* используются окна различной формы:

а) *block_type*=0 (нормальное окно)

$$z_i = x_i \sin\left(\frac{\pi}{36}\left(i+\frac{1}{2}\right)\right) \qquad \text{для } i = 0 \text{ до } 35$$

б) *block_type*=1 (стартовый блок)

$$z_i = \begin{cases} x_i \sin\left(\frac{\pi}{36}\left(i+\frac{1}{2}\right)\right), & i = 0...17 \\ x_i, & i = 18...23 \\ x_i \sin\left(\frac{\pi}{12}\left(i-18+\frac{1}{2}\right)\right), & i = 24...29 \\ 0, & i = 30...35 \end{cases}$$

в) *block_type*=3 (стоповый блок)

$$z_i = \begin{cases} 0, & i = 0...5 \\ x_i \sin\left(\frac{\pi}{12}\left(i - 6 + \frac{1}{2}\right)\right), & i = 6...11 \\ x_i, & i = 12...17 \\ x_i \sin\left(\frac{\pi}{36}\left(i + \frac{1}{2}\right)\right), & i = 18...35 \end{cases}$$

г) *block_type*=2 (короткий блок)

каждый из трех коротких блоков отдельно берется в окне

$$y_i^{(j)} = x_i^{(j)} \sin\left(\frac{\pi}{12}\left(i + \frac{1}{2}\right)\right) \quad \text{для } i = 0 \ldots 11 \text{ и } j = 0 \ldots 2$$

Взятые в окне короткие блоки должны быть перекрыты и сложены

$$z_i = \begin{cases} 0, & i = 0...5 \\ y_{i-6}^{(1)}, & i = 6...11 \\ y_{i-6}^{(1)} + y_{i-12}^{(2)}, & i = 12...17 \\ y_{i-12}^{(2)} + y_{i-18}^{(3)}, & i = 18...23 \\ y_{i-18}^{(3)}, & i = 24...29 \\ 0, & i = 30...35 \end{cases}$$

5.3.6.4 Перекрытие и сложение с предыдущим блоком

Первая половина блока из 36 значений перекрывается со второй половиной предыдущего блока. Вторая половина текущего блока сохраняется для использования в следующем блоке:

$result_i = z_i + s_i, \quad i = 0...17$

$si = z_{i+18}, \quad i = 0...17$

5.3.6.5 Компенсация инверсии частоты в полифазном наборе фильтров

Выход блока перекрытия и сложения состоит из 18 временных отсчетов каждой из 32 полифазных субполос. Если временные отсчеты обозначены от 0 до 17, где нулевой отсчет — самый ранний во времени, и субполосы обозначены от 0 до 31, где нулевая субполоса — самая нижняя, то каждый нечетный временной отсчет каждого нечетной субполосы умножается на минус 1 перед поступлением в полифазный набор фильтров.

Приложение А
(обязательное)

Схемы



Рисунок А.1 — Блок-схема алгоритма декодера. Уровни I и II



Рисунок А.2 — Блок-схема алгоритма субполосной фильтрации

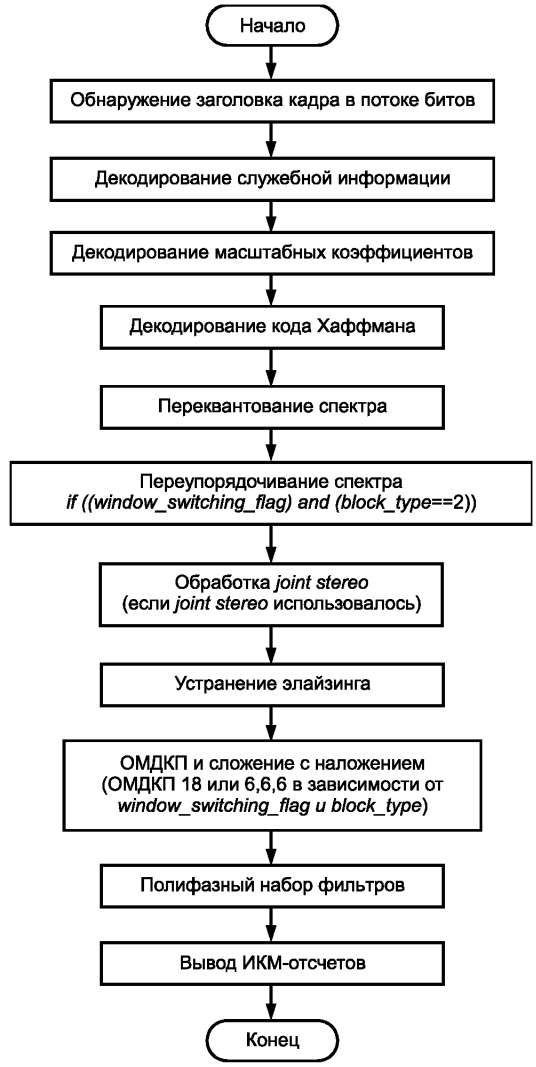
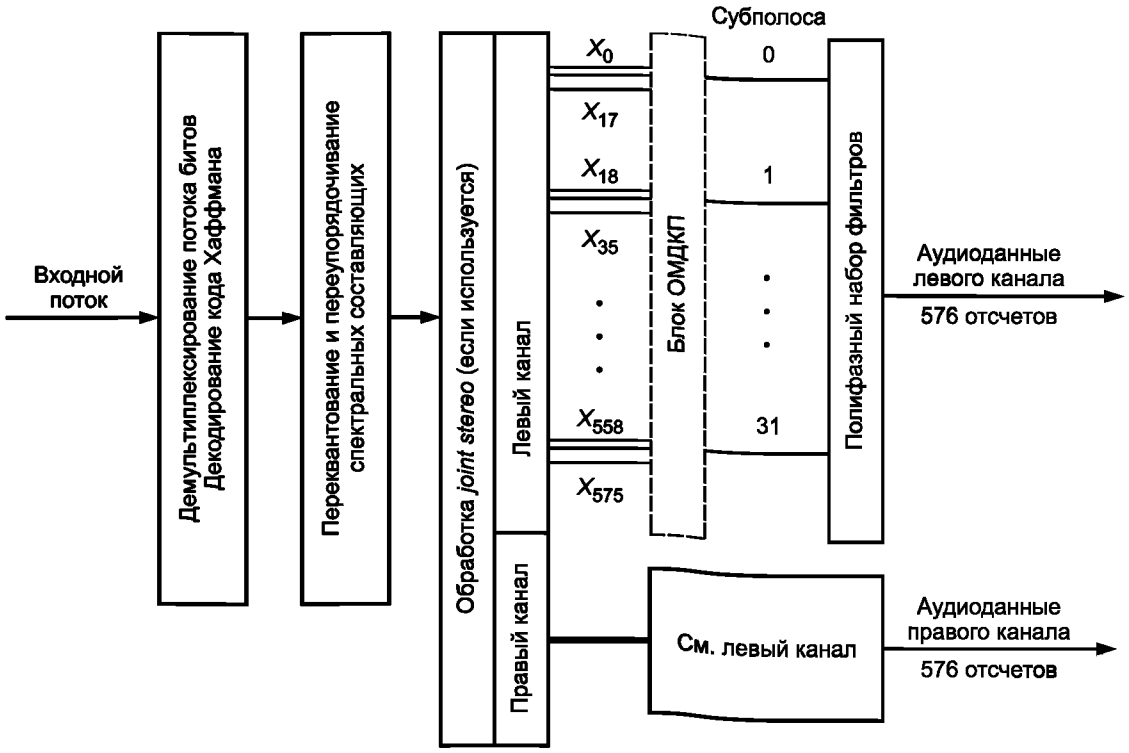
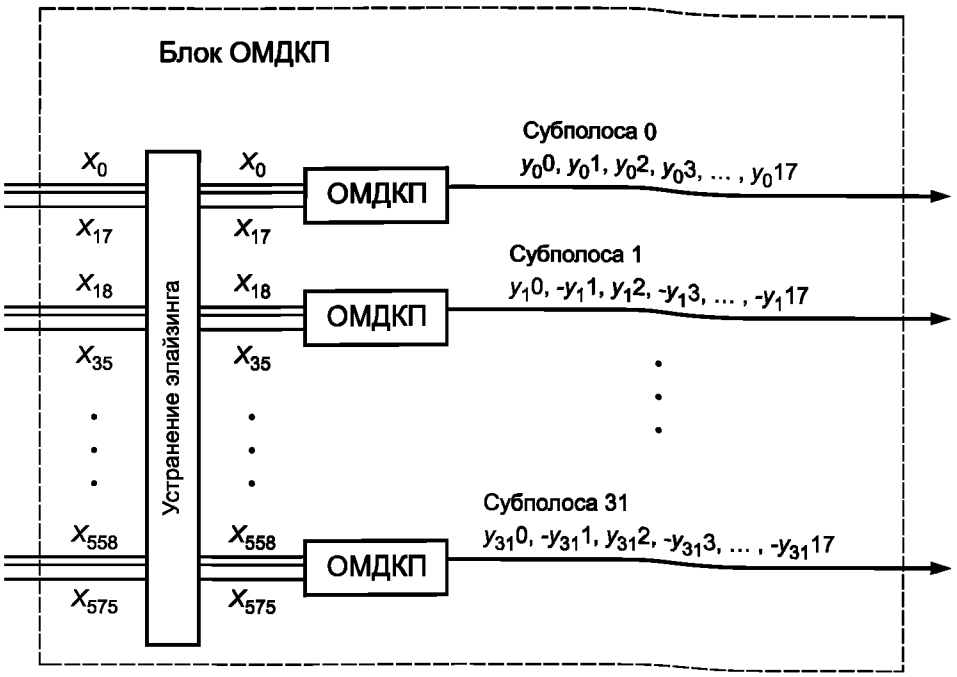


Рисунок А.3 — Блок-схема алгоритма декодера. Уровень III





В каждом блоке ОМДКП вычисляются 18 выходных значений *y*0... *y*17 по 18 входным значениям спектральных коэффициентов. Для всех субполос, кроме первой, каждый нечетный выходной отсчет должен быть умножен на минус 1.

Рисунок А.4 — Схема декодера. Уровень III

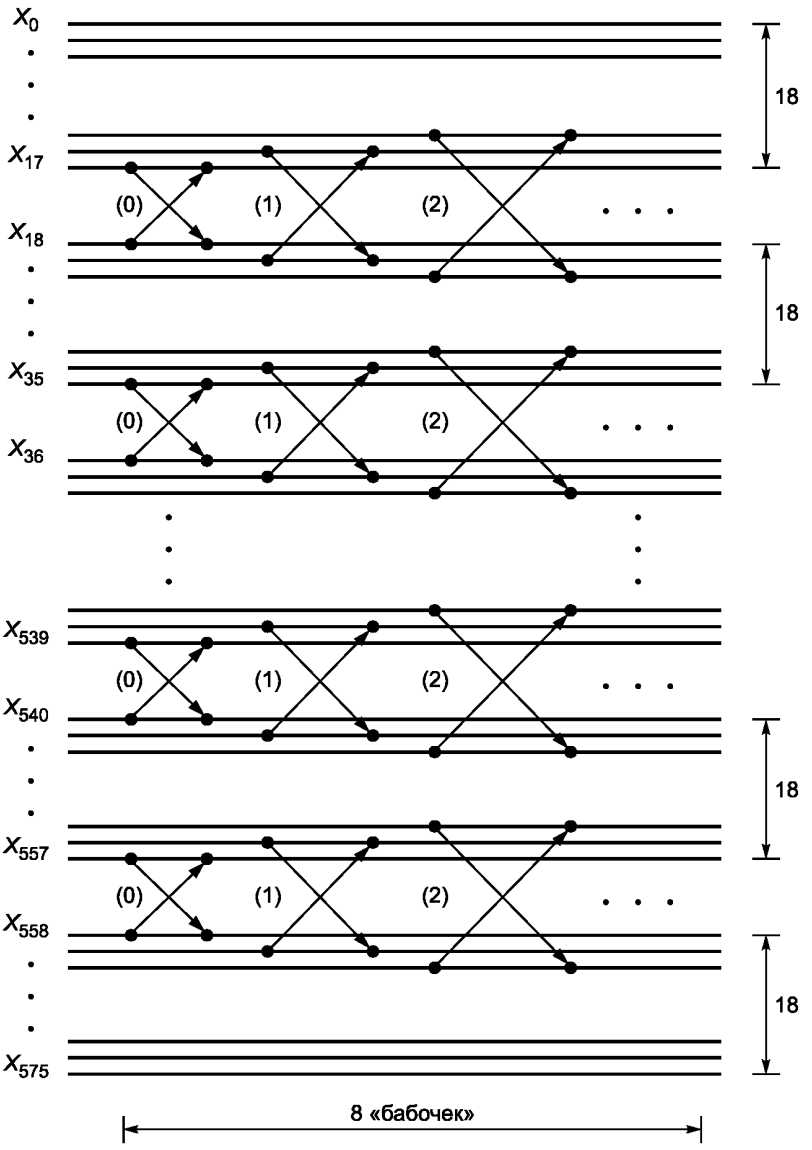


Рисунок А.5 — Диаграмма устранения элайзинга в декодере. Уровень III

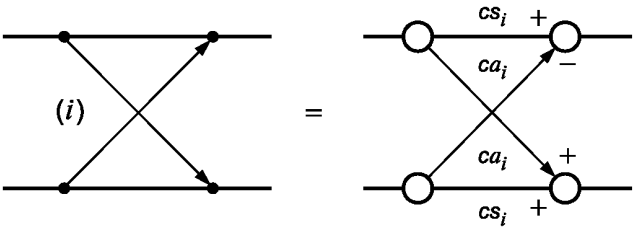


Рисунок А.6 — «Бабочка» устранения элайзинга в декодере. Уровень III

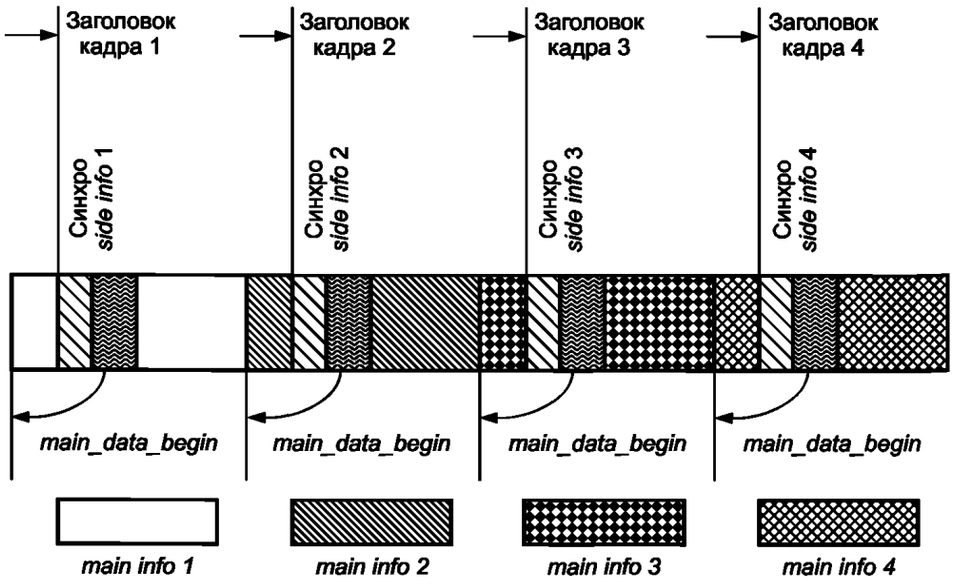
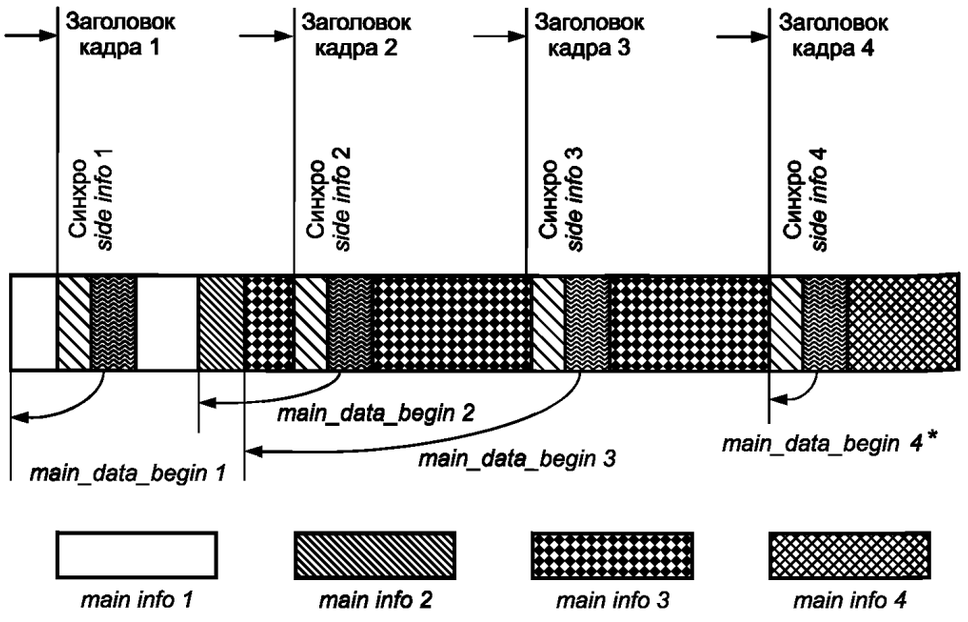


Рисунок А.7.а — Структура потока битов. Уровень III



* *main_data_begin* 4 = 0: основные данные следуют непосредственно за служебной информацией фрейма 4. Это нижний предел для *main_data_begin; main_data* не может начинаться после этой точки. Следует обратить внимание на то, что байты данных, используемые полями синхро и *side info*, не учитываются указателем *main_data_begin*.

Рисунок А.7.б — Структура потока битов с максимальной нагрузкой в *main info* 3 и небольшой нагрузкой в *main info* 2. Уровень III.

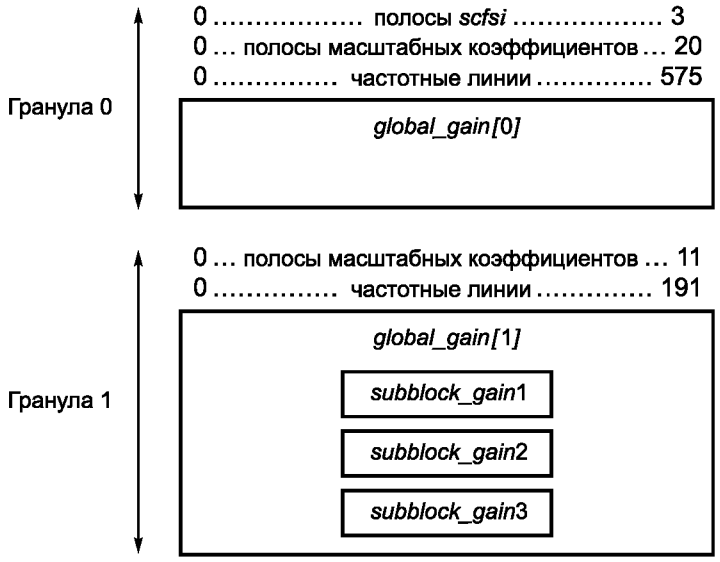


Рисунок А.8 — Гранулы фрейма с *block_type* = 0 в первой грануле и *block_type* = 2 во второй грануле. Уровень III

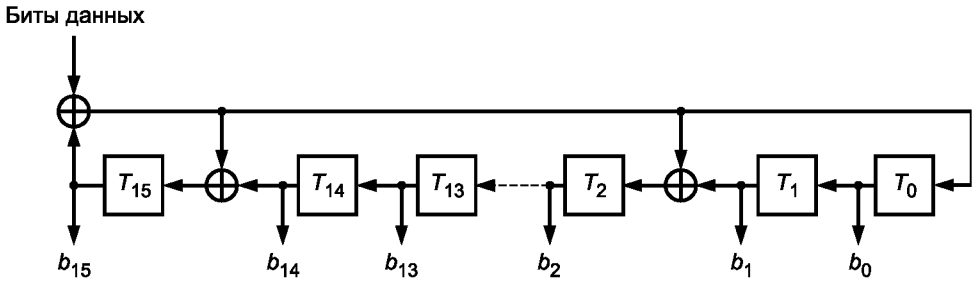


Рисунок А.9 — Схема проверки *CRC*

Приложение Б
(обязательное)

Таблицы

Т а б л и ц а Б.1 — Масштабные коэффициенты. Уровни I и II

Номер	Масштабный коэффициент	Номер	Масштабный коэффициент	Номер	Масштабный коэффициент
0	2,00000000000000	21	0,01562500000000	42	0,00012207031250
1	1,58740105196820	22	0,01240157071850	43	0,00009688727124
2	1,25992104989487	23	0,00984313320230	44	0,00007689947814
3	1,00000000000000	24	0,00781250000000	45	0,00006103515625
4	0,79370052598410	25	0,00620078535925	46	0,00004844363562
5	0,62996052494744	26	0,00492156660115	47	0,00003844973907
6	0,50000000000000	27	0,00390625000000	48	0,00003051757813
7	0,39685026299205	28	0,00310039267963	49	0,00002422181781
8	0,31498026247372	29	0,00246078330058	50	0,00001922486954
9	0,25000000000000	30	0,00195312500000	51	0,00001525878906
10	0,19842513149602	31	0,00155019633981	52	0,00001211090890
11	0,15749013123686	32	0,00123039165029	53	0,00000961243477
12	0,12500000000000	33	0,00097656250000	54	0,00000762939453
13	0,09921256574801	34	0,00077509816991	55	0,00000605545445
14	0,07874506561843	35	0,00061519582514	56	0,00000480621738
15	0,06250000000000	36	0,00048828125000	57	0,00000381469727
16	0,04960628287401	37	0,00038754908495	58	0,00000302772723
17	0,03937253280921	38	0,00030759791257	59	0,00000240310869
18	0,03125000000000	39	0,00024414062500	60	0,00000190734863
19	0,02480314143700	40	0,00019377454248	61	0,00000151386361
20	0,01968626640461	41	0,00015379895629	62	0,00000120155435

Т а б л и ц ы Б.2 — Таблицы распределения битов. Уровень II

Т а б л и ц а Б.2а — Допустимые уровни квантования в субполосах

Fs = 48 кГц Скорости передачи на канал = 56, 64, 80, 96, 112, 128, 160, 192 кбит/с свободный формат.
Fs = 44,1 кГц Скорости передачи на канал = 56, 64, 80 кбит/с.
Fs = 32 кГц Скорости передачи на канал = 56, 64, 80 кбит/с.

sb	*nbal*	Индекс															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	4	—	3	7	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	16383	32767	65535
1	4	—	3	7	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	16383	32767	65535
2	4	—	3	7	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	16383	32767	65535
3	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
4	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
5	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
6	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
7	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
8	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
9	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
10	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
11	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
12	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
13	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
14	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
15	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
16	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
17	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
18	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
19	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
20	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
21	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
22	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
23	2	—	3	5	65535												
24	2	—	3	5	65535												
25	2	—	3	5	65535												
26	2	—	3	5	65535												
27	0	—															
28	0	—															
29	0	—															
30	0	—															
31		—															

sblimit = 27
Сумма *nbal* = 88

Таблица Б.2б — Допустимые уровни квантования в субполосах

Fs = 48 кГц — не используется.
Fs = 44,1 кГц — Скорости передачи на канал = 96, 112, 128, 160, 192 кбит/с и свободный формат.
Fs = 32 кГц — Скорости передачи на канал = 96, 112, 128, 160 192 кбит/с и свободный формат.

sb	nbal	Индекс															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	4	—	3	7	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	16383	32767	65535
1	4	—	3	7	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	16383	32767	65535
2	4	—	3	7	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	16383	32767	65535
3	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
4	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
5	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
6	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
7	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
8	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
9	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	65535
10	4	—	3	5	7	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	81.91	65535
11	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
12	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
13	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
14	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
15	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
16	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
17	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
18	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
19	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
20	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
21	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
22	3	—	3	5	7	9	15	31	65535								
23	2	—	3	5	65535												
24	2	—	3	5	65535												
25	2	—	3	5	65535												
26	2	—	3	5	65535												
27	2	—	3	5	65535												
28	2	—	3	5	65535												
29	2	—	3	5	65535												
30	0	—															
31	0	—															

sblimit = 30
Сумма *nbal* = 94

Т а б л и ц а Б.2в — Допустимые уровни квантования в субполосах

Fs = 48 кГц Скорости передачи на канал = 32, 48 кбит/с.
Fs = 44,1 кГц Скорости передачи на канал = 32, 48 кбит/с.
Fs = 32 кГц не используется.

sb	*nbal*	Индекс															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	4	—	3	5	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	16383	32767
1	4	—	3	5	9	15	31	63	127	255	511	1023	2047	4095	8191	16383	32767
2	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
3	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
4	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
5	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
6	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
7	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
8	0	—															
9	0	—															
10	0	—															
11	0	—															
12	0	—															
13	0	—															
14	0	—															
15	0	—															
16	0	—															
17	0	—															
18	0	—															
19	0	—															
20	0	—															
21	0	—															
22	0	—															
23	0	—															
24	0	—															
25	0	—															
26	0	—															
27	0	—															
28	0	—															
29	0	—															
30	0	—															
31	0	—															

sblimit = 8
Сумма *nbal* = 26

Т а б л и ц а Б.2г — Допустимые уровни квантования в субполосах

Fs = 48 кГц не используется.
Fs = 44,1 кГц не используется.
Fs = 32 кГц Скорости передачи на канал = 32, 48 кбит/с.

sb	*nbal*	Индекс															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	4	—	3	5	9	15	31	63	127	255	511	2047	4095	8191	8191	16383	32767
1	4	—	3	5	9	15	31	63	127	255	511	2047	4095	8191	8191	16383	32767
2	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
3	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
4	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
5	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
6	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
7	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
8	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
9	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
10	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
11	3	—	3	5	9	15	31	63	127								
12	0	—															
13	0	—															
14	0	—															
15	0	—															
16	0	—															
17	0	—															
18	0	—															
19	0	—															
20	0	—															
21	0	—															
22	0	—															
23	0	—															
24	0	—															
25	0	—															
26	0	—															
27	0	—															
28	0	—															
29	0	—															
30	0	—															
31	0	—															

sblimit = 12
Сумма *nbal* = 38

Таблица Б.3 — Коэффициенты *D* окна синтеза

D[0] = 0,000000000	*D*[1] = –0,000015259	*D*[2] = –0,000015259	*D*[3] = –0,000015259
D[4] = –0,000015259	*D*[5] = –0,000015259	*D*[6] = –0,000015259	*D*[7] = –0,000030518
D[8] = –0,000030518	*D*[9] = –0,000030518	*D*[10] = –0,000030518	*D*[11] = –0,000045776
D[12] = –0,000045776	*D*[13] = –0,000061035	*D*[14] = –0,000061035	*D*[15] = –0,000076294
D[16] = –0,000076294	*D*[17] = –0,000091553	*D*[18] = –0,000106812	*D*[19] = –0,000106812
D[20] = –0,000122070	*D*[21] = –0,000137329	*D*[22] = –0,000152588	*D*[23] = –0,000167847
D[24] = –0,000198364	*D*[25] = –0,000213623	*D*[26] = –0,000244141	*D*[27] = –0,000259399
D[28] = –0,000289917	*D*[29] = –0,000320435	*D*[30] = –0,000366211	*D*[31] = –0,000396729
D[32] = –0,000442505	*D*[33] = –0,000473022	*D*[34] = –0,000534058	*D*[35] = –0,000579834
D[36] = –0,000625610	*D*[37] = –0,000686646	*D*[38] = –0,000747681	*D*[39] = –0,000808716
D[40] = ~0,000885010	*D*[41] = –0,000961304	*D*[42] = –0,001037598	*D*[43] = –0,001113892
D[44] = –0,001205444	*D*[45] = –0,001296997	*D*[46] = –0,001388550	*D*[47] = –0,001480103
D[48] = –0,001586914	*D*[49] = –0,001693726	*D*[50] = –0,001785278	*D*[51] = –0,001907349
D[52] = –0,002014160	*D*[53] = –0,002120972	*D*[54] = –0,002243042	*D*[55] = –0,002349854
D[56] = –0,002456665	*D*[57] = –0,002578735	*D*[58] = –0,002685547	*D*[59] = –0,002792358
D[60] = –0,002899170	*D*[61] = –0,002990723	*D*[62] = –0,003082275	D[63] = –0,003173828
D[64] = 0,003250122	*D*[65] = 0,003326416	*D*[66] = 0,003387451	*D*[67] = 0,003433228
D[68] = 0,003463745	*D*[69] = 0,003479004	*D*[70] = 0,003479004	*D*[71] = 0,003463745
D[72] = 0,003417969	*D*[73] = 0,003372192	*D*[74] = 0,003280640	*D*[75] = 0,003173828
D[76] = 0,003051758	D[77] = 0,002883911	*D*[78] = 0,002700806	*D*[79] = 0,002487183
D[80] = 0,002227783	*D*[81] = 0,001937866	*D*[82] = 0,001617432	*D*[83] = 0,001266479
D[84] = 0,000869751	*D*[85] = 0,000442505	*D*[86] = –0,000030518	*D*[87] = –0,000549316
D[88] = –0,001098633	*D*[89] = –0,001693726	*D*[90] = –0,002334595	*D*[91] = –0,003005981
D[92] = –0,003723145	*D*[93] = –0,004486084	*D*[94] = –0,005294800	*D*[95] = –0,006118774
D[96] = –0,007003784	*D*[97] = –0,007919312	*D*[98] = –0,008865356	*D*[99] = –0,009841919
D[100] = –0,010848999	*D*[101] = –0,011886597	*D*[102] = –0,012939453	*D*[103] = –0,014022827
D[104] = –0,315121460	*D*[105] = –0,016235352	*D*[106] = –0,017349243	*D*[107] = –0,018463135
D[108] = –0,319577026	*D*[109] = –0,020690918	*D*[110] = –0,021789551	*D*[111] = –0,022857666
D[112] = –0,323910522	*D*[113] = –0,024932861	*D*[114] = –0,025909424	*D*[115] = –0,026840210
D[116] = –0,32772522	*D*[117] = –0,028533936	*D*[118] = –0,029281616	*D*[119] = –0,029937744
D[120] = –0,330532837	*D*[121] = –0,031005859	*D*[122] = –0,031387329	*D*[123] = –0,031661987
D[124] = –0,331814575	*D*[125] = –0,031845093	*D*[126] = –0,031738281	*D*[127] = –0,031478882
D[128] = 0,331082153	*D*[129] = 0,030517578	*D*[130] = 0,029785156	*D*[131] = 0,028884888
D[132] = 0,327801514	*D*[133] = 0,026535034	*D*[134] = 0,025085449	*D*[135] = 0,023422241
D[136] = 0,321575928	*D*[137] = 0,019531250	*D*[138] = 0,017257690	*D*[139] = 0,014801025
D[140] = 0,312115479	*D*[141] = 0,009231567	*D*[142] = 0,006134033	*D*[143] = 0,002822876
D[144] = –0,000686646	*D*[145] = –0,004394531	*D*[146] = –0,008316040	*D*[147] = –0,012420654

Продолжение таблицы Б.3

$D[148] = -0,016708374$	$D[149] = -0,021179199$	$D[150] = -0,025817871$	$D[151] = -0,030609131$
$D[152] = -0,035552979$	$D[153] = -0,040634155$	$D[154] = -0,045837402$	$D[155] = -0,051132202$
$D[156] = -0,056533813$	$D[157] = -0,061996460$	$D[158] = -0,067520142$	$D[159] = -0,073059082$
$D[160] = -0,078628540$	$D[161] = -0,084182739$	$D[162] = -0,089706421$	$D[163] = -0,095169067$
$D[164] = -0,100540161$	$D[165] = -0,105819702$	$D[166] = -0,110946655$	$D[167] = -0,115921021$
$D[168] = -0,120697021$	$D[169] = -0,125259399$	$D[170] = -0,129562378$	$D[171] = -0,133590698$
$D[172] = -0,137298584$	$D[173] = -0,140670776$	$D[174] = -0,143676758$	$D[175] = -0,146255493$
$D[176] = -0,148422241$	$D[177] = -0,150115967$	$D[178] = -0,151306152$	$D[179] = -0,151962280$
$D[180] = -0,152069092$	$D[181] = -0,151596069$	$D[182] = -0,150497437$	$D[183] = -0,148773193$
$D[184] = -0,146362305$	$D[185] = -0,143264771$	$D[186] = -0,139450073$	$D[187] = -0,134887695$
$D[188] = -0,129577637$	$D[189] = -0,123474121$	$D[190] = -0,116577148$	$D[191] = -0,108856201$
$D[192] = 0,100311279$	$D[193] = 0,090927124$	$D[194] = 0,080688477$	$D[195] = 0,069595337$
$D[196] = 0,357617187$	$D[197] = 0,044784546$	$D[198] = 0,031082153$	$D[199] = 0,016510010$
$D[200] = 0,301068115$	$D[201] = -0,015228271$	$D[202] = -0,032379150$	$D[203] = -0,050354004$
$D[204] = -0,369168091$	$D[205] = -0,088775635$	$D[206] = -0,109161377$	$D[207] = -0,130310059$
$D[208] = -0,152206421$	$D[209] = -0,174789429$	$D[210] = -0,198059082$	$D[211] = -0,221984863$
$D[212] = -0,246505737$	$D[213] = -0,271591187$	$D[214] = -0,297210693$	$D[215] = -0,323318481$
$D[216] = -0,349868774$	$D[217] = -0,376800537$	$D[218] = -0,404083252$	$D[219] = -0,431655884$
$D[220] = -0,459472656$	$D[221] = -0,487472534$	$D[222] = -0,515609741$	$D[223] = -0,543823242$
$D[224] = -0,572036743$	$D[225] = -0,600219727$	$D[226] = -0,628295898$	$D[227] = -0,656219482$
$D[228] = -0,683914185$	$D[229] = -0,711318970$	$D[230] = -0,738372803$	$D[231] = -0,765029907$
$D[232] = -0,791213989$	$D[233] = -0,816864014$	$D[234] = -0,841949463$	$D[235] = -0,866363525$
$D[236] = -0,890090942$	$D[237] = -0,913055420$	$D[238] = -0,935195923$	$D[239] = -0,956481934$
$D[240] = -0,976852417$	$D[241] = -0,996246338$	$D[242] = -1,014617920$	$D[243] = -1,031936646$
$D[244] = -1,048156738$	$D[245] = -1,063217163$	$D[246] = -1,077117920$	$D[247] = -1,089782715$
$D[248] = -1,101211548$	$D[249] = -1,111373901$	$D[250] = -1,120223999$	$D[251] = -1,127746582$
$D[252] = -1,133926392$	$D[253] = -1,138763428$	$D[254] = -1,142211914$	$D[255] = -1,144287109$
$D[256] = 1,144989014$	$D[257] = 1,144287109$	$D[258] = 1,142211914$	$D[259] = 1,138763428$
$D[260] = 1,133926392$	$D[261] = 1,127746582$	$D[262] = 1,120223999$	$D[263] = 1,111373901$
$D[264] = 1,101211548$	$D[265] = 1,089782715$	$D[266] = 1,077117920$	$D[267] = 1,063217163$
$D[268] = 1,048156738$	$D[269] = 1,031936646$	$D[270] = 1,014617920$	$D[271] = 0,996246338$
$D[272] = 0,976852417$	$D[273] = 0,956481934$	$D[274] = 0,935195923$	$D[275] = 0,913055420$
$D[276] = 0,890090942$	$D[277] = 0,866363525$	$D[278] = 0,841949463$	$D[279] = 0,816864014$
$D[280] = 0,791213989$	$D[281] = 0,765029907$	$D[282] = 0,738372803$	$D[283] = 0,711318970$
$D[284] = 0,683914185$	$D[285] = 0,656219482$	$D[286] = 0,628295898$	$D[287] = 0,600219727$
$D[288] = 0,572036743$	$D[289] = 0,543823242$	$D[290] = 0,515609741$	$D[291] = 0,487472534$
$D[292] = 0,459472656$	$D[293] = 0,431655884$	$D[294] = 0,404083252$	$D[295] = 0,376800537$

Продолжение таблицы Б.3

D[296] = 0,349868774	*D*[297] = 0,323318481	*D*[298] = 0,297210693	*D*[299] = 0,271591187
D[300] = 0,246505737	*D*[301] = 0,221984863	*D*[302] = 0,198059082	*D*[303] = 0,174789429
D[304] = 0,152206421	*D*[305] = 0,130310059	*D*[306] = 0,109161377	*D*[307] = 0,088775635
D[308] = 0,069168091	*D*[309] = 0,050354004	*D*[310] = 0,032379150	*D*[311] = 0,015228271
D[312] = –0,001068115	*D*[313] = –0,016510010	*D*[314] = –0,031082153	*D*[315] = –0,044784546
D[316] = –0,057617187	*D*[317] = –0,069595337	*D*[318] = –0,080688477	*D*[319] = –0,090927124
D[320] = 0,100311279	*D*[321] = 0,108856201	*D*[322] = 0,116577148	*D*[323] = 0,123474121
D[324] = 0,129577637	*D*[325] = 0,134887695	*D*[326] = 0,139450073	*D*[327] = 0,143264771
D[328] = 0,146362305	*D*[329] = 0,148773193	*D*[330] = 0,150497437	*D*[331] = 0,151596069
D[332] = 0,152069092	*D*[333] = 0,151962280	*D*[334] = 0,151306152	*D*[335] = 0,150115967
D[336] = 0,148422241	*D*[337] = 0,146255493	*D*[338] = 0,143676758	*D*[339] = 0,140670776
D[340] = 0,137298584	*D*[341] = 0,133590698	*D*[342] = 0,129562378	*D*[343] = 0,125259399
D[344] = 0,120697021	*D*[345] = 0,115921021	*D*[346] = 0,110946655	*D*[347] = 0,105819702
D[348] = 0,100540161	*D*[349] = 0,095169067	*D*[350] = 0,089706421	*D*[351] = 0,084182739
D[352] = 0,078628540	*D*[353] = 0,073059082	*D*[354] = 0,067520142	*D*[355] = 0,061996460
D[356] = 0,056533813	*D*[357] = 0,051132202	*D*[358] = 0,045837402	*D*[359] = 0,040634155
D[360] = 0,035552979	*D*[361] = 0,030609131	*D*[362] = 0,025817871	*D*[363] = 0,021179199
D[364] = 0,016708374	*D*[365] = 0,012420654	*D*[366] = 0,008316040	*D*[367] = 0,004394531
D[368] = 0,000686646	*D*[369] = –0,002822876	*D*[370] = –0,006134033	*D*[371] = –0,009231567
D[372] = –0,012115479	*D*[373] = –0,014801025	*D*[374] = –0,017257690	*D*[375] = –0,019531250
D[376] = –0,021575928	*D*[377] = –0,023422241	*D*[378] = –0,025085449	*D*[379] = –0,026535034
D[380] = –0,027801514	*D*[381] = –0,028884888	*D*[382] = –0,029785156	*D*[383] = –0,030517578
D[384] = 0,031082153	*D*[385] = 0,031478882	*D*[386] = 0,031738281	*D*[387] = 0,031845093
D[388] = 0,031814575	*D*[389] = 0,031661987	*D*[390] = 0,031387329	*D*[391] = 0,031005859
D[392] = 0,030532837	*D*[393] = 0,029937744	*D*[394] = 0,029281616	*D*[395] = 0,028533936
D[396] = 0,027725220	*D*[397] = 0,026840210	*D*[398] = 0,025909424	*D*[399] = 0,024932861
D[400] = 0,023910522	*D*[401] = 0,022857666	*D*[402] = 0,021789551	*D*[403] = 0,020690918
D[404] = 0,019577026	*D*[405] = 0,018463135	*D*[406] = 0,017349243	*D*[407] = 0,016235352
D[408] = 0,015121460	*D*[409] = 0,014022827	*D*[410] = 0,012939453	*D*[411] = 0,011886597
D[412] = 0,010848999	*D*[413] = 0,009841919	*D*[414] = 0,008865356	*D*[415] = 0,007919312
D[416] = 0,007003784	*D*[417] = 0,006118774	*D*[418] = 0,005294800	*D*[419] = 0,004486084
D[420] = 0,003723145	*D*[421] = 0,003005981	*D*[422] = 0,002334595	*D*[423] = 0,001693726
D[424] = 0,001098633	*D*[425] = 0,000549316	*D*[426] = 0,000030518	*D*[427] = –0,000442505
D[428] = –0,000869751	*D*[429] = –0,001266479	*D*[430] = –0,001617432	*D*[431] = –0,001937866
D[432] = –0,002227783	*D*[433] = –0,002487183	*D*[434] = –0,002700806	*D*[435] = –0,002883911
D[436] = –0,003051758	*D*[437] = –0,003173828	*D*[438] = –0,003280640	*D*[439] = –0,003372192
D[440] = –0,003417969	*D*[441] = –0,003463745	*D*[442] = –0,003479004	*D*[443] = –0,003479004

Окончание таблицы Б.3

D[444] = –0,003463745	*D*[445] = –0,003433228	*D*[446] = –0,003387451	D[447] = –0,003326416
D[448] = 0,003250122	*D*[449] = 0,003173828	*D*[450] = 0,003082275	*D*[451] = 0,002990723
D[452] = 0,002899170	*D*[453] = 0,002792358	*D*[454] = 0,002685547	*D*[455] = 0,002578735
D[456] = 0,002456665	*D*[457] = 0,002349854	*D*[458] = 0,002243042	*D*[459]= 0,002120972
D[460] = 0,002014160	*D*[461] = 0,001907349	*D*[462] = 0,001785278	*D*[463] = 0,001693726
D[464] = 0,001586914	*D*[465] = 0,001480103	*D*[466] = 0,001388550	*D*[467] = 0,001296997
D[468] = 0,001205444	*D*[469] = 0,001113892	*D*[470] = 0,001037598	*D*[471] = 0,000961304
D[472] = 0,000885010	*D*[473] = 0,000808716	*D*[474]= 0,000747681	*D*[475] = 0,000686646
D[476] = 0,000625610	*D*[477] = 0,000579834	*D*[478] = 0,000534058	*D*[479] = 0,000473022
D[480] = 0,000442505	*D*[481] = 0,000396729	*D*[482] = 0,000366211	*D*[483] = 0,000320435
D[484] = 0,000289917	*D*[485] = 0,000259399	*D*[486] = 0,000244141	*D*[487] = 0,000213623
D[488] = 0,000198364	*D*[489] = 0,000167847	*D*[490] = 0,000152588	*D*[491] = 0,000137329
D[492] = 0,000122070	*D*[493] = 0,000106812	*D*[494]= 0,000106812	*D*[495] = 0,000091553
D[496] = 0,000076294	*D*[497] = 0,000076294	*D*[498] = 0,000061035	*D*[499] = 0,000061035
D[500] = 0,000045776	*D*[501] = 0,000045776	*D*[502] = 0,000030518	*D*[503] = 0,000030518
D[504] = 0,000030518	*D*[505] = 0,000030518	*D*[506] = 0,000015259	*D*[507] = 0,000015259
D[508] = 0,000015259	*D*[509] = 0,000015259	*D*[510] = 0,000015259	*D*[511] = 0,000015259

Т а б л и ц а Б.4 — Классы квантования. Уровень II

Число шагов	*C*	*D*	Группировка	Отсчеты на кодовое слово	Биты на кодовое слово
3	1,33333333333	0,50000000000	Да	3	5
5	1,60000000000	0,50000000000	Да	3	7
7	1,14285714286	0,25000000000	Нет	1	3
9	1,77777777777	0,50000000000	Да	3	10
15	1,06666666666	0,12500000000	Нет	1	4
31	1,03225806452	0,06250000000	Нет	1	5
63	1,01587301587	0,03125000000	Нет	1	6
127	1,00787401575	0,01562500000	Нет	1	7
255	1,00392156863	0,00781250000	Нет	1	8
511	1,00195694716	0,00390625000	Нет	1	9
1023	1,00097751711	0,00195312500	Нет	1	10
2047	1,00048851979	0,00097656250	Нет	1	11
4095	1,00024420024	0,00048828125	Нет	1	12
8191	1,00012208522	0,00024414063	Нет	1	13
16383	1,00006103888	0,00012207031	Нет	1	14
32767	1,00003051851	0,00006103516	Нет	1	15
65535	1,00001525902	0,00003051758	Нет	1	16

Т а б л и ц а Б.5 — Число защищенных битов *audio_data*

Уровень	Защищенные поля
I	Биты 16… 31 заголовка. Распределение битов
II	Биты 16… 31 заголовка. Распределение битов. Информация о масштабных коэффициентах
III	Биты 16… 31 заголовка. Служебная информация: - биты 0… 135 *audio_data* в *single_channel* режиме; - биты 0… 255 *audio_data* в других режимах

Т а б л и ц а Б.6 — Предкоррекция. Уровень III

Scalefactor band(*cb*)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pretab[*cb*]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	3	3	3	2

Т а б л и ц ы Б.7 — Кодовые таблицы Хаффмана. Уровень III

К о д о в а я таблица Хаффмана для четверок (А)

vwxy	*hlen*	*hcod*
0000	1	1
0001	4	0101
0010	4	0100
0011	5	00101
0100	4	0110
0101	6	000101
0110	5	00100
0111	6	000100
1000	4	0111
1001	5	00011
1010	5	00110
1011	6	000000
1100	5	00111
1101	6	000010
1110	6	000011
1111	6	000001

К о д о в а я таблица Хаффмана для четверок (Б)

vwxy	*hlen*	*hcod*	*vwxy*	*hlen*	*hcod*
0000	4	1111	1000	4	0111
0001	4	1110	1001	4	0110
0010	4	1101	1010	4	0101
0011	4	1100	1011	4	0100
0100	4	1011	1100	4	0011
0101	4	1010	1101	4	0010
0110	4	1001	1110	4	0001
0111	4	1000	1111	4	0000

Т а б л и ц а 0 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	0	

Т а б л и ц а 1 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	1	1	1	0	2	01
0	1	3	001	1	1	3	000

Т а б л и ц а 2 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	1	1	1	2	5	00001
0	0	3	010	2	0	5	00011
0	2	6	000001	2	1	5	00010
1	0	3	011	2	2	6	000000
1	1	3	001				

Т а б л и ц а 3 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	2	11
0	1	2	10
0	2	6	000001
1	0	3	001
1	1	2	01
1	2	5	00001
2	0	5	00011
2	1	5	00010
2	2	6	000000

Т а б л и ц а 4 кода Хаффмана

Не используется.

Т а б л и ц а 5 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	1	1	2	0	6	000111
0	1	3	010	2	1	6	000101
0	2	6	000110	2	2	7	0000111
0	3	7	0000101	2	3	8	00000001
1	0	3	011	3	0	7	0000110
1	1	3	001	3	1	6	000001
1	2	6	000100	3	2	7	0000001
1	3	7	0000100	3	3	8	00000000

Т а б л и ц а 6 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	3	111	2	0	4	0101
0	1	3	011	2	1	4	0100
0	2	5	00101	2	2	5	00100
0	3	7	0000001	2	3	6	000001
1	0	3	110	3	0	6	000011
1	1	2	10	3	1	5	00011
1	2	4	0011	3	2	6	000010
1	3	5	00010	3	3	7	0000000

Т а б л и ц а 7 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	1	1	3	0	7	0001100
0	1	3	010	3	1	7	0001011
0	2	6	001010	3	2	8	00010010
0	3	8	00010011	3	3	9	000001111
0	4	8	00010000	3	4	9	000001011
0	5	9	000001010	3	5	9	000000010
1	0	3	011	4	0	7	0000111
1	1	4	0011	4	1	7	0000110
1	2	6	000111	4	2	8	00001001
1	3	7	0001010	4	3	9	000001110
1	4	7	0000101	4	4	9	000000011
1	5	8	00000011	4	5	10	0000000001
2	0	6	001011	5	0	8	00000110
2	1	5	00100	5	1	8	00000100
2	2	7	0001101	5	2	9	000000101
2	3	8	00010001	5	3	10	0000000011
2	4	8	00001000	5	4	10	0000000010
2	5	9	000000100	5	5	10	0000000000

Т а б л и ц а 8 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	2	11	0	2	6	000110
0	1	3	100	0	3	8	00010010

Окончание таблицы 8

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	4	8	00001100	3	2	8	00001111
0	5	9	000000101	3	3	9	000001101
1	0	3	101	3	4	9	000001010
1	1	2	01	3	5	10	0000000100
1	2	4	0010	4	0	8	00001101
1	3	8	00010000	4	1	7	0000101
1	4	8	00001001	4	2	8	00001000
1	5	8	00000011	4	3	9	000001011
2	0	6	000111	4	4	10	0000000101
2	1	4	0011	4	5	10	0000000001
2	2	6	000101	5	0	9	000001100
2	3	8	00001110	5	1	8	00000100
2	4	8	00000111	5	2	9	000000100
2	5	9	000000011	5	3	9	000000001
3	0	8	00010011	5	4	11	00000000001
3	1	8	00010001	5	5	11	00000000000

Т а б л и ц а 9 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	3	111	3	0	6	001111
0	1	3	101	3	1	5	00110
0	2	5	01001	3	2	6	001001
0	3	6	001110	3	3	7	0001010
0	4	8	00001111	3	4	7	0000101
0	5	9	000000111	3	5	8	00000001
1	0	3	110	4	0	7	0001011
1	1	3	100	4	1	6	000111
1	2	4	0101	4	2	7	0001001
1	3	5	00101	4	3	7	0000110
1	4	6	000110	4	4	8	00000100
1	5	8	00000111	4	5	9	000000001
2	0	4	0111	5	0	8	00001110
2	1	4	0110	5	1	7	0000100
2	2	5	01000	5	2	8	00000110
2	3	6	001000	5	3	8	00000010
2	4	7	0001000	5	4	9	000000110
2	5	8	00000101	5	5	9	000000000

Т а б л и ц а 10 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	1	1	2	6	9	000010011	5	4	11	00000010101
0	1	3	010	2	7	9	000000110	5	5	11	00000010100
0	2	6	001010	3	0	7	0001110	5	6	10	0000000101
0	3	8	00010111	3	1	7	0001101	5	7	11	00000000011
0	4	9	000100011	3	2	8	00010110	6	0	8	00001110
0	5	9	000011110	3	3	9	000100010	6	1	8	00001101
0	6	9	000001100	3	4	10	0000101110	6	2	9	000001010
0	7	10	0000010001	3	5	10	0000010111	6	3	10	0000001011
1	0	3	011	3	6	9	000010010	6	4	10	0000010000
1	1	4	0011	3	7	10	0000000111	6	5	10	0000000110
1	2	6	001000	4	0	8	00010100	6	6	11	00000000101
1	3	7	0001100	4	1	8	00010011	6	7	11	00000000001
1	4	8	00010010	4	2	9	000100001	7	0	9	000001001
1	5	9	000010101	4	3	10	0000101111	7	1	8	00001000
1	6	8	00001100	4	4	10	0000011011	7	2	9	000000111
1	7	8	00000111	4	5	10	0000010110	7	3	10	0000001000
2	0	6	001011	4	6	10	0000001001	7	4	10	0000000100
2	1	6	001001	4	7	10	0000000011	7	5	11	00000000100
2	2	7	0001111	5	0	9	000011111	7	6	11	00000000010
2	3	8	00010101	5	1	9	000010110	7	7	11	00000000000
2	4	9	000100000	5	2	10	0000101001				
2	5	10	0000101000	5	3	10	0000011010				

Т а б л и ц а 11 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	2	11	1	1	3	011
0	1	3	100	1	2	4	0100
0	2	5	01010	1	3	6	001010
0	3	7	0011000	1	4	8	00100000
0	4	8	00100010	1	5	8	00010001
0	5	9	000100001	1	6	7	0001011
0	6	8	00010101	1	7	8	00001010
0	7	9	000001111	2	0	5	01011
1	0	3	101	2	1	5	00111

Окончание таблицы 11

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
2	2	6	001101	5	1	8	00011010
2	3	7	0010010	5	2	9	000100000
2	4	8	00011110	5	3	10	0000010011
2	5	9	000011111	5	4	10	0000010001
2	6	8	00010100	5	5	11	00000001111
2	7	8	00000101	5	6	10	0000001000
3	0	7	0011001	5	7	11	00000001110
3	1	6	001011	6	0	8	00001110
3	2	7	001:0011	6	1	7	0001100
3	3	9	000111011	6	2	7	0001001
3	4	8	00011011	6	3	8	00001101
3	5	10	0000010010	6	4	9	000001110
3	6	8	00001100	6	5	10	0000001001
3	7	9	000000101	6	6	10	0000000100
4	0	8	00100011	6	7	10	0000000001
4	1	8	00100001	7	0	8	00001011
4	2	8	00011111	7	1	7	0000100
4	3	9	000111010	7	2	8	00000110
4	4	9	000011110	7	3	9	000000110
4	5	10	0000010000	7	4	10	0000000110
4	6	9	000000111	7	5	10	0000000011
4	7	10	0000000101	7	6	10	0000000010
5	0	8	00011100	7	7	10	0000000000

Т а б л и ц а 12 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	4	1001	1	0	3	111
0	1	3	110	1	1	3	101
0	2	5	10000	1	2	4	0110
0	3	7	0100001	1	3	5	01001
0	4	8	00101001	1	4	7	0010111
0	5	9	000100111	1	5	7	0010000
0	6	9	000100110	1	6	8	00011010
0	7	9	000011010	1	7	8	00001011

Окончание таблицы 12

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
2	0	5	10001	5	0	8	00101000
2	1	4	0111	5	1	7	0010001
2	2	5	01011	5	2	8	00011111
2	3	6	001110	5	3	8	00011101
2	4	7	0010101	5	4	8	00010001
2	5	8	00011110	5	5	9	000001101
2	6	7	0001010	5	6	8	00000100
2	7	8	00000111	5	7	9	000000010
3	0	6	010001	6	0	8	00011011
3	1	5	01010	6	1	7	0001100
3	2	6	001111	6	2	7	0001011
3	3	6	001100	6	3	8	00001111
3	4	7	0010010	6	4	8	00001010
3	5	8	00011100	6	5	9	000000111
3	6	8	00001110	6	6	9	000000100
3	7	8	00000101	6	7	10	0000000001
4	0	7	0100000	7	0	9	000011011
4	1	6	001101	7	1	8	00001100
4	2	7	0010110	7	2	8	00001000
4	3	7	0010011	7	3	9	000001100
4	4	8	00010010	7	4	9	000000110
4	5	8	00010000	7	5	9	000000011
4	6	8	00001001	7	6	9	000000001
4	7	9	000000101	7	7	10	0000000000

Т а б л и ц а 13 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	1	1	0	8	9	000101010
0	1	4	0101	0	9	10	0000110100
0	2	6	001110	0	10	11	00001000100
0	3	7	0010101	0	11	11	00000110100
0	4	8	00100010	0	12	12	000001000011
0	5	9	000110011	0	13	12	000000101100
0	6	9	000101110	0	14	13	0000000101011
0	7	10	0001000111	0	15	13	0000000010011

Продолжение таблицы 13

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
1	0	3	011	3	3	9	000111101
1	1	4	0100	3	4	9	000111000
1	2	6	001100	3	5	10	0001001111
1	3	7	0010011	3	6	10	0001001001
1	4	8	00011111	3	7	10	0001000000
1	5	8	00011010	3	8	10	0000101011
1	6	9	000101100	3	9	11	00001001100
1	7	9	000100001	3	10	11	00000111000
1	8	9	000011111	3	11	11	00000100101
1	9	9	000011000	3	12	11	00000011010
1	10	10	0000100000	3	13	12	000000011111
1	11	10	0000011000	3	14	13	0000000011001
1	12	11	00000011111	3	15	13	0000000001110
1	13	12	000000100011	4	0	8	00100011
1	14	12	000000010110	4	1	7	0010000
1	15	12	000000001110	4	2	9	000111100
2	0	6	001111	4	3	9	000111001
2	1	6	001101	4	4	10	0001100001
2	2	7	0010111	4	5	10	0001001011
2	3	8	00100100	4	7	11	00001011011
2	4	9	000111011	4	8	10	0000110110
2	5	9	000110001	4	9	11	00001001001
2	6	10	0001001101	4	10	11	00000110111
2	7	10	0001000001	4	11	12	000000101001
2	8	9	000011101	4	12	12	000000110000
2	9	10	0000101000	4	13	13	0000000110101
2	10	10	0000011110	4	14	13	0000000010111
2	11	11	00000101000	4	15	14	00000000011000
2	12	11	00000011011	5	0	9	000111010
2	13	12	000000100001	5	1	8	00011011
2	14	13	0000000101010	5	2	9	000110010
2	15	13	0000000010000	5	3	10	0001100000
3	0	7	0010110	5	4	10	0001001100
3	1	7	0010100	5	5	10	0001000110
3	2	8	00100101	5	6	11	00001011101

Продолжение таблицы 13

x	y	hlen	hcod	x	y	hlen	hcod
5	7	11	00001010100	7	10	13	0000001001101
5	8	11	00001001101	7	11	13	0000001000001
5	9	11	00000111010	7	12	13	0000000110011
5	10	12	000001001111	7	13	14	00000000101100
5	11	11	00000011101	7	14	16	0000000000101011
5	12	13	0000001001010	7	15	16	0000000000101010
5	13	13	0000000110001	8	0	9	000101011
5	14	14	00000000101001	8	5	11	00001001110
5	15	14	00000000010001	8	6	11	00001001000
6	0	9	000101111	8	7	12	000001010111
6	1	9	000101101	8	8	12	000001001110
6	2	10	0001001110	8	9	12	000000111101
6	3	10	0001001010	8	10	12	000000101110
6	4	11	00001110011	8	11	13	0000000110110
6	5	11	00001011110	8	12	13	0000000100101
6	6	11	00001011010	8	13	14	00000000011110
6	7	11	00001001111	8	14	15	000000000010100
6	8	11	00001000101	8	15	15	000000000010000
6	9	12	000001010011	9	0	10	0000110101
6	10	12	000001000111	9	1	9	000011001
6	11	12	000000110010	9	2	10	0000101001
6	12	13	0000000111011	9	3	10	0000100101
6	13	13	0000000100110	9	4	11	00000101100
6	14	14	00000000100100	8	1	8	00010100
6	15	14	00000000001111	8	2	9	000011110
7	0	10	0001001000	8	3	10	0000101100
7	1	9	000100010	8	4	10	0000110111
7	2	10	3000111000	9	5	11	00000111011
7	3	11	00001011111	9	6	11	00000110110
7	4	11	00001011100	9	7	13	0000001010001
7	5	11	00001010101	9	8	12	000001000010
7	6	12	000001011011	9	9	13	0000001001100
7	7	12	000001011010	9	10	13	0000000111001
7	8	12	000001010110	9	11	14	00000000110110
7	9	12	000001001001	9	12	14	00000000100101

Продолжение таблицы 13

x	y	hlen	hcod	x	y	hlen	hcod
9	13	14	00000000010010	12	0	11	00000100010
9	14	16	0000000000100111	12	1	11	00000100000
9	15	15	000000000001011	12	2	11	00000011100
10	0	10	0000100011	12	3	12	000000100111
10	1	10	0000100001	12	4	12	000000110001
10	2	10	0000011111	12	5	13	0000001001011
10	3	11	00000111001	12	6	12	000000011110
10	4	11	00000101010	12	7	13	0000000110100
10	5	12	000001010010	12	8	14	00000000110000
10	6	12	000001001000	12	9	14	00000000101000
10	7	13	0000001010000	12	10	15	000000000110100
10	8	12	000000101111	12	11	15	000000000011100
10	9	13	0000000111010	12	12	15	000000000010010
10	10	14	00000000110111	12	13	16	0000000000010001
10	11	13	0000000010101	12	14	16	0000000000001001
10	12	14	00000000010110	12	15	16	0000000000000101
10	13	15	000000000011010	13	0	12	000000101101
10	14	16	0000000000100110	13	1	11	00000010101
10	15	17	00000000000010110	13	2	12	000000100010
11	0	11	00000110101	13	3	13	0000001000000
11	1	10	0000011001	13	4	13	0000000111000
11	2	10	0000010111	13	5	13	0000000110010
11	3	11	00000100110	13	6	14	00000000110001
11	4	12	000001000110	13	7	14	00000000101101
11	5	12	000000111100	13	8	14	00000000011111
11	6	12	000000110011	13	9	14	00000000010011
11	7	12	000000100100	13	10	14	00000000001100
11	8	13	0000000110111	13	11	15	000000000001111
11	9	13	0000000011010	13	12	16	0000000000001010
11	10	13	0000000100010	13	13	15	000000000000111
11	11	14	00000000010111	13	14	16	0000000000000110
11	12	15	000000000011011	13	15	16	0000000000000011
11	13	15	000000000001110	14	1	12	000000010111
11	14	15	000000000001001	14	2	12	000000010100
11	15	16	0000000000000111	14	3	13	0000000100111

Окончание таблицы 13

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
14	4	13	0000000100100	15	2	13	0000000010001
14	5	13	0000000100011	15	3	14	00000000011011
14	6	15	000000000110101	15	4	14	00000000011001
14	7	14	00000000010101	15	5	14	00000000010100
14	8	14	00000000010000	15	6	15	000000000011101
14	9	17	00000000000010111	15	7	14	00000000001011
14	10	15	000000000001101	15	8	15	000000000010001
14	11	15	000000000001010	15	9	15	000000000001100
14	12	15	000000000000110	15	10	16	0000000000010000
14	13	17	00000000000000001	15	11	16	0000000000001000
14	14	16	0000000000000100	15	12	19	0000000000000000001
14	15	16	0000000000000010	15	13	18	000000000000000001
15	0	12	000000010000	15	14	19	0000000000000000000
15	1	12	000000001111	15	15	16	0000000000000001

Т а б л и ц а 14 кода Хаффмана
Не используется.

Т а б л и ц а 15 кода Хаффмана

linbits=0

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	3	111	1	1	3	101
0	1	4	1100	1	2	5	10000
0	2	5	10010	1	3	6	011011
0	3	7	0110101	1	4	7	0101110
0	4	7	0101111	1	5	7	0100100
0	5	8	01001100	1	6	8	00111101
0	6	9	001111100	1	7	8	00110011
0	7	9	001101100	1	8	8	00101010
0	8	9	001011001	1	9	9	001000110
0	9	10	0001111011	1	10	9	000110100
0	10	10	0001101100	1	11	10	0001010011
0	11	11	00001110111	1	12	10	0001000001
0	12	11	00001101011	1	13	10	0000101001
0	13	11	00001010001	1	14	11	00000111011
0	14	12	000001111010	1	15	11	00000100100
0	15	13	0000000111111	2	0	5	10011
1	0	4	1101				

Продолжение таблицы 15

x	y	hlen	hcod
2	1	5	10001
2	2	5	01111
2	3	6	011000
2	4	7	0101001
2	5	7	0100010
2	6	8	00111011
2	7	8	00110000
2	8	8	00101000
2	9	9	001000000
2	10	9	000110010
2	11	10	0001001110
2	12	10	0000111110
2	13	11	00001010000
2	14	11	00000111000
2	15	11	00000100001
3	0	6	011101
3	1	6	011100
3	2	6	011001
3	3	7	0101011
3	4	7	0100111
3	5	8	00111111
3	6	8	00110111
3	7	9	001011101
3	8	9	001001100
3	9	9	000111011
3	10	10	0001011101
3	11	10	0001001000
3	12	10	0000110110
3	13	11	00001001011
3	14	11	00000110010
3	15	11	00000011101
4	0	7	0110100
4	1	6	010110
4	2	7	0101010
4	3	7	0101000
4	4	8	01000011
4	5	8	00111001
4	6	9	001011111
4	7	9	001001111
4	8	9	001001000
4	9	9	000111001
4	10	10	0001011001
4	11	10	0001000101
4	12	10	0000110001
4	13	11	00001000010
4	14	11	00000101110
4	15	11	00000011011
5	0	8	01001101
5	1	7	0100101
5	2	7	0100011
5	3	8	01000010
5	4	8	00111010
5	5	8	00110100
5	6	9	001011011
5	7	9	001001010
5	8	9	000111110
5	9	9	000110000
5	10	10	0001001111
5	11	10	0000111111
5	12	11	00001011010
5	13	11	00000111110
5	14	11	00000101000
5	15	12	000000100110
6	0	9	001111101
6	1	7	0100000
6	2	8	00111100
6	3	8	00111000
6	4	8	00110010
6	5	9	001011100
6	6	9	001001110
6	7	9	001000001
6	8	9	000110111

Продолжение таблицы 15

x	y	hlen	hcod
6	9	10	0001010111
6	10	10	0001000111
6	11	10	0000110011
6	12	11	00001001001
6	13	11	00000110011
6	14	12	000001000110
6	15	12	000000011110
7	0	9	001101101
7	1	8	00110101
7	2	8	00110001
7	3	9	001011110
7	4	9	001011000
7	5	9	001001011
7	6	9	001000010
7	7	10	0001111010
7	8	10	0001011011
7	9	10	0001001001
7	10	10	0000111000
7	11	10	0000101010
7	12	11	00001000000
7	13	11	00000101100
7	14	11	00000010101
7	15	12	000000011001
8	0	9	001011010
8	1	8	00101011
8	2	8	00101001
8	3	9	001001101
8	4	9	001001001
8	5	9	000111111
8	6	9	000111000
8	7	10	0001011100
8	8	10	0001001101
8	9	10	0001000010
8	10	10	0000101111
8	11	11	00001000011
8	12	11	00000110000
8	13	12	000000110101
8	14	12	000000100100
8	15	12	000000010100
9	0	9	001000111
9	1	8	00100010
9	2	9	001000011
9	4	9	000111010
9	5	9	000110001
9	6	10	0001011000
9	7	10	0001001100
9	8	10	0001000011
9	9	11	00001101010
9	10	11	00001000111
9	11	11	00000110110
9	12	11	00000100110
9	13	12	000000100111
9	14	12	000000010111
9	15	12	000000001111
10	0	10	0001101101
10	1	9	000110101
10	2	9	000110011
10	3	9	000101111
10	4	10	0001011010
10	5	10	0001010010
10	6	10	0000111010
10	7	10	0000111001
10	8	10	0000110000
10	9	11	00001001000
10	10	11	00000111001
10	11	11	00000101001
10	12	11	00000010111
10	13	12	000000011011
10	14	13	0000000111110
10	15	12	000000001001
11	0	10	0001010110
11	1	9	000101010

Продолжение таблицы 15

x	y	hlen	hcod	x	y	hlen	hcod
11	2	9	000101000	13	6	11	00000110100
11	3	9	000100101	13	7	11	00000101101
11	4	10	0001000110	13	8	11	00000011111
11	5	10	0001000000	13	9	12	000000110100
11	6	10	0000110100	13	10	12	000000011100
11	7	10	0000101011	13	11	12	000000010011
11	8	11	00001000110	13	12	12	000000001110
11	9	11	00000110111	13	13	12	000000001000
11	10	11	00000101010	13	14	13	0000000001001
11	11	11	00000011001	13	15	13	0000000000011
11	12	12	000000011101	14	0	12	000001111011
11	13	12	000000010010	14	1	11	00000111100
11	14	12	000000001011	14	2	11	00000111010
11	15	13	0000000001011	14	3	11	00000110101
12	0	11	00001110110	14	4	11	00000101111
12	1	10	0001000100	14	5	11	00000101011
12	2	9	000011110	14	6	11	00000100000
12	3	10	0000110111	14	7	11	00000010110
12	4	10	0000110010	14	8	12	000000100101
12	5	10	0000101110	14	9	12	000000011000
12	6	11	00001001010	14	10	12	000000010001
12	7	11	00001000001	14	11	12	000000001100
12	8	11	00000110001	14	12	13	0000000001111
12	9	11	00000100111	14	13	13	0000000001010
12	10	11	00000011000	14	14	12	000000000010
12	11	11	00000010000	14	15	13	0000000000001
12	12	12	000000010110	15	0	12	000001000111
12	13	12	000000001101	15	1	11	00000100101
12	14	13	0000000001110	15	2	11	00000100010
12	15	13	0000000000111	15	3	11	00000011110
13	0	11	00001011011	15	4	11	00000011100
13	1	10	0000101100	15	5	11	00000010100
13	2	10	0000100111	15	6	11	00000010001
13	3	10	0000100110	15	7	12	000000011010
13	4	10	0000100010	15	8	12	000000010101
13	5	11	00000111111	15	9	12	000000010000

Окончание таблицы 15

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
15	10	12	000000001010	15	13	13	0000000000110
15	11	12	000000000110	15	14	13	0000000000010
15	12	13	0000000001000	15	15	13	0000000000000

Т а б л и ц а 16 кода Хаффмана

linbits=1

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	1	1	1	14	12	000011001111
0	1	4	0101	1	15	8	00001001
0	2	6	001110	2	0	6	001111
0	3	8	00101100	2	1	6	001101
0	4	9	001001010	2	2	7	0010111
0	5	9	000111111	2	3	8	00100110
0	6	10	0001101110	2	4	9	001000011
0	7	10	0001011101	2	5	9	000111010
0	8	11	00010101100	2	6	10	0001100111
0	9	11	00010010101	2	7	10	0001011010
0	10	11	00010001010	2	8	11	00010100001
0	11	12	000011110010	2	9	10	0001001000
0	12	12	000011100001	2	10	11	00001111111
0	13	12	000011000011	2	11	11	00001110101
0	14	13	0000101111000	2	12	11	00001101110
0	15	9	000010001	2	13	12	000011010001
1	0	3	011	2	14	12	000011001110
1	1	4	0100	2	15	9	000010000
1	2	6	001100	3	0	8	00101101
1	3	7	0010100	3	1	7	0010101
1	4	8	00100011	3	2	8	00100111
1	5	9	000111110	3	3	9	001000101
1	6	9	000110101	3	4	9	001000000
1	7	9	000101111	3	5	10	0001110010
1	8	10	0001010011	3	6	10	0001100011
1	9	10	0001001011	3	7	10	0001010111
1	10	10	0001000100	3	8	11	00010011110
1	11	11	00001110111	3	9	11	00010001100
1	12	12	000011001001				
1	13	11	00001101011				

Продолжение таблицы 16

x	y	hlen	hcod
3	10	12	000011111100
3	11	12	000011010100
3	12	12	000011000111
3	13	13	0000110000011
3	14	13	0000101101101
3	15	10	0000011010
4	0	9	001001011
4	1	8	00100100
4	2	9	001000100
4	3	9	001000001
4	4	10	0001110011
4	5	10	0001100101
4	6	11	00010110011
4	7	11	00010100100
4	8	11	00010011011
4	9	12	000100001000
4	10	12	000011110110
4	11	12	000011100010
4	12	13	0000110001011
4	13	13	0000101111110
4	14	13	0000101101010
4	15	9	000001001
5	0	9	001000010
5	1	8	00011110
5	2	9	000111011
5	3	9	000111000
5	4	10	0001100110
5	5	11	00010111001
5	6	11	00010101101
5	7	12	000100001001
5	8	11	00010001110
5	9	12	000011111101
5	10	12	000011101000
5	11	13	0000110010000
5	12	13	0000110000100
5	13	13	0000101111010

x	y	hlen	hcod
5	14	14	00000110111101
5	15	10	0000010000
6	0	10	0001101111
6	1	9	000110110
6	2	9	000110100
6	3	10	0001100100
6	4	11	00010111000
6	5	11	00010110010
6	6	11	00010100000
6	7	11	00010000101
6	8	12	000100000001
6	9	12	000011110100
6	10	12	000011100100
6	11	12	000011011001
6	12	13	0000110000001
6	13	13	0000101101110
6	14	14	00001011001011
6	15	10	0000001010
7	0	10	0001100010
7	1	9	000110000
7	2	10	0001011011
7	3	10	0001011000
7	4	11	00010100101
7	5	11	00010011101
7	6	11	00010010100
7	7	12	000100000101
7	8	12	000011111000
7	9	13	0000110010111
7	10	13	0000110001101
7	11	13	0000101110100
7	12	13	0000101111100
7	13	15	000001101111001
7	14	15	000001101110100
7	15	10	0000001000
8	0	10	0001010101
8	1	10	0001010100

Продолжение таблицы 16

x	y	hlen	hcod
8	2	10	0001010001
8	3	11	00010011111
8	4	11	00010011100
8	5	11	00010001111
8	6	12	000100000100
8	7	12	000011111001
8	8	13	0000110101011
8	9	13	0000110010001
8	10	13	0000110001000
8	11	13	0000101111111
8	12	14	00001011010111
8	13	14	00001011001001
8	14	14	00001011000100
8	15	10	0000000111
9	0	11	00010011010
9	1	10	0001001100
9	2	10	0001001001
9	3	11	00010001101
9	4	11	00010000011
9	5	12	000100000000
9	6	12	000011110101
9	7	13	0000110101010
9	8	13	0000110010110
9	9	13	0000110001010
9	10	13	0000110000000
9	11	14	00001011011111
9	12	13	0000101100111
9	13	14	00001011000110
9	14	13	0000101100000
9	15	11	00000001011
10	0	11	00010001011
10	1	11	00010000001
10	2	10	0001000011
10	3	11	00001111101
10	4	12	000011110111
10	5	12	000011101001
10	6	12	000011100101
10	7	12	000011011011
10	8	13	0000110001001
10	9	14	00001011100111
10	10	14	00001011100001
10	11	14	00001011010000
10	12	15	000001101110101
10	13	15	000001101110010
10	14	14	00000110110111
10	15	10	0000000100
11	0	12	000011110011
11	1	11	00001111000
11	2	11	00001110110
11	3	11	00001110011
11	4	12	000011100011
11	5	12	000011011111
11	6	13	0000110001100
11	7	14	00001011101010
11	8	14	00001011100110
11	9	14	00001011100000
11	10	14	00001011010001
11	11	14	00001011001000
11	12	14	00001011000010
11	13	13	0000011011111
11	14	14	00000110110100
11	15	11	00000000110
12	0	12	000011001010
12	1	12	000011100000
12	2	12	000011011110
12	3	12	000011011010
12	4	12	000011011000
12	5	13	0000110000101
12	6	13	0000110000010
12	7	13	0000101111101
12	8	13	0000101101100

Окончание таблицы 16

x	y	hlen	hcod
12	9	15	000001101111000
12	10	14	00000110111011
12	11	14	00001011000011
12	12	14	00000110111000
12	13	14	00000110110101
12	14	16	0000011011000000
12	15	11	00000000100
13	0	14	00001011101011
13	1	12	000011010011
13	2	12	000011010010
13	3	12	000011010000
13	4	13	0000101110010
13	5	13	0000101111011
13	6	14	00001011011110
13	7	14	00001011010011
13	8	14	00001011001010
13	9	16	0000011011000111
13	10	15	000001101110011
13	11	15	000001101101101
13	12	15	000001101101100
13	13	17	00000110110000011
13	14	15	000001101100001
13	15	11	00000000010
14	0	13	0000101111001
14	1	13	0000101110001
14	2	11	00001100110
14	3	12	000010111011
14	4	14	00001011010110
14	5	14	00001011010010
14	6	13	0000101100110
14	7	14	00001011000111
14	8	14	00001011000101
14	9	15	000001101100010
14	10	16	0000011011000110
14	11	15	000001101100111
14	12	17	00000110110000010
14	13	15	000001101100110
14	14	14	00000110110010
14	15	11	00000000000
15	0	9	000001100
15	1	8	00001010
15	2	8	00000111
15	3	9	000001011
15	4	9	000001010
15	5	10	0003010001
15	6	10	0003001011
15	7	10	0003001001
15	8	11	00000001101
15	9	11	00000001100
15	10	11	00000001010
15	11	11	00000000111
15	12	11	00000000101
15	13	11	00000000011
15	14	11	00000000001
15	15	8	00000011

Т а б л и ц а 17 кода Хаффмана см. таблицу 16, но *linbits*=2

Т а б л и ц а 18 кода Хаффмана см. таблицу 16, но *linbits*=3

Т а б л и ц а 19 кода Хаффмана см. таблицу 16, но *linbits*=4

Т а б л и ц а 20 кода Хаффмана см. таблицу 16, но *linbits*=6

Т а б л и ц а 21 кода Хаффмана см. таблицу 16, но *linbits*=8

Т а б л и ц а 22 кода Хаффмана см. таблицу 16, но *linbits*=10

Т а б л и ц а 23 кода Хаффмана см. таблицу 16, но *linbits*=13

Таблица 24 кода Хаффмана

linbits=4

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
0	0	4	1111	2	2	6	101001
0	1	4	1101	2	3	7	1001010
0	2	6	101110	2	4	7	1000100
0	3	7	1010000	2	5	8	10000000
0	4	8	10010010	2	6	8	01111000
0	5	9	100000110	2	7	9	011011101
0	6	9	011111000	2	8	9	011001111
0	7	10	0110110010	2	9	9	011000010
0	8	10	0110101010	2	10	9	010110110
0	9	11	01010011101	2	11	10	0101010100
0	10	11	01010001101	2	12	10	0100111011
0	11	11	01010001001	2	13	10	0100100111
0	12	11	01001101101	2	14	11	01000011101
0	13	11	01000000101	2	15	7	0010010
0	14	12	010000001000	3	0	7	1010001
0	15	9	001011000	3	1	6	100111
1	0	4	1110	3	2	7	1001011
1	1	4	1100	3	3	7	1000110
1	2	5	10101	3	4	8	10000110
1	3	6	100110	3	5	8	01111101
1	4	7	1000111	3	6	8	01110100
1	5	8	10000010	3	7	9	011011100
1	6	8	01111010	3	8	9	011001100
1	7	9	011011000	3	9	9	010111110
1	8	9	011010001	3	10	9	010110010
1	9	9	011000110	3	11	10	0101000101
1	10	10	0101000111	3	12	10	0100110111
1	11	10	0101011001	3	13	10	0100100101
1	12	10	0100111111	3	14	10	0100001111
1	13	10	0100101001	3	15	7	0010000
1	14	10	0100010111	4	0	8	10010011
1	15	8	00101010	4	1	7	1001000
2	0	6	101111	4	2	7	1000101
2	1	5	10110	4	3	8	10000111

Продолжение таблицы 24

x	y	hlen	hcod
4	4	8	01111111
4	5	8	01110110
4	6	8	01110000
4	7	9	011010010
4	8	9	011001000
4	9	9	010111100
4	10	10	0101100000
4	11	10	0101000011
4	12	10	0100110010
4	13	10	0100011101
4	14	11	01000011100
4	15	7	0001110
5	0	9	100000111
5	1	7	1000010
5	2	8	10000001
5	3	8	01111110
5	4	8	01110111
5	5	8	01110010
5	6	9	011010110
5	7	9	011001010
5	8	9	011000000
5	9	9	010110100
5	10	10	0101010101
5	11	10	0100111101
5	12	10	0100101101
5	13	10	0100011001
5	14	10	0100000110
5	15	7	0001100
6	0	9	011111001
6	1	8	01111011
6	2	8	01111001
6	3	8	01110101
6	4	8	01110001
6	5	9	011010111
6	6	9	011001110
6	7	9	011000011
6	8	9	010111001
6	9	10	0101011011
6	10	10	0101001010
6	11	10	0100110100
6	12	10	0100100011
6	13	10	0100010000
6	14	11	01000001000
6	15	7	0001010
7	0	10	0110110011
7	1	8	01110011
7	2	8	01101111
7	3	8	01101101
7	4	9	011010011
7	5	9	011001011
7	6	9	011000100
7	7	9	010111011
7	8	10	0101100001
7	9	10	0101001100
7	10	10	0100111001
7	11	10	0100101010
7	12	10	0100011011
7	13	11	01000010011
7	14	11	00101111101
7	15	8	00010001
8	0	10	0110101011
8	1	9	011010100
8	2	9	011010000
8	3	9	011001101
8	4	9	011001001
8	5	9	011000001
8	6	9	010111010
8	7	9	010110001
8	8	9	010101001
8	9	10	0101000000
8	10	10	0100101111

Продолжение таблицы 24

x	y	hlen	hcod
8	11	10	0100011110
8	12	10	0100001100
8	13	11	01000000010
8	14	11	00101111001
8	15	8	00010000
9	0	10	0101001111
9	1	9	011000111
9	2	9	011000101
9	3	9	010111111
9	4	9	010111101
9	5	9	010110101
9	6	9	010101110
9	7	10	0101001101
9	8	10	0101000001
9	9	10	0100110001
9	10	10	0100100001
9	11	10	0100010011
9	12	11	01000001001
9	13	11	00101111011
9	14	11	00101110011
9	15	8	00001011
10	0	11	01010011100
10	1	9	010111000
10	2	9	010110111
10	3	9	010110011
10	4	9	010101111
10	5	10	0101011000
10	6	10	0101001011
10	7	10	0100111010
10	8	10	0100110000
10	9	10	0100100010
10	10	10	0100010101
10	11	11	01000010010
10	12	11	00101111111
10	13	11	00101110101
10	14	11	00101101110
10	15	8	00001010
11	0	11	01010001100
11	1	10	0101011010
11	2	9	010101011
11	3	9	010101000
11	4	9	010100100
11	5	10	0100111110
11	6	10	0100110101
11	7	10	0100101011
11	8	10	0100011111
11	9	10	0100010100
11	10	10	0100000111
11	11	11	01000000001
11	12	11	00101110111
11	13	11	00101110000
11	14	11	00101101010
11	15	8	00000110
12	0	11	01010001000
12	1	10	0101000010
12	2	10	0100111100
12	3	10	0100111000
12	4	10	0100110011
12	5	10	0100101110
12	6	10	0100100100
12	7	10	0100011100
12	8	10	0100001101
12	9	10	0100000101
12	10	11	01000000000
12	11	11	00101111000
12	12	11	00101110010
12	13	11	00101101100
12	14	11	00101100111
12	15	8	00000100
13	0	11	01001101100
13	1	10	0100101100

Окончание таблицы 24

x	*y*	*hlen*	*hcod*	*x*	*y*	*hlen*	*hcod*
13	2	10	0100101000	14	9	11	00101110100
13	3	10	0100100110	14	10	11	00101101111
13	4	10	0100100000	14	11	11	00101101011
13	5	10	0100011010	14	12	11	00101101000
13	6	10	0100010001	14	13	11	00101100110
13	7	10	0100001010	14	14	11	00101100100
13	8	11	01000000011	14	15	8	00000000
13	9	11	00101111100	15	0	8	00101011
13	10	11	00101110110	15	1	7	0010100
13	11	11	00101110001	15	2	7	0010011
13	12	11	00101101101	15	3	7	0010001
13	13	11	00101101001	15	4	7	0001111
13	14	11	00101100101	15	5	7	0001101
13	15	8	00000010	15	6	7	0001011
14	0	12	010000001001	15	7	7	0001001
14	1	10	0100011000	15	8	7	0000111
14	2	10	0100010110	15	9	7	0000110
14	3	10	0100010010	15	10	7	0000100
14	4	10	0100001011	15	11	8	00000111
14	5	10	0100001000	15	12	8	00000101
14	6	10	0100000011	15	13	8	00000011
14	7	11	00101111110	15	14	8	00000001
14	8	11	00101111010	15	15	4	0011

Т а б л и ц а 25 кода Хаффмана см. таблицу 24, но *linbits*=5

Т а б л и ц а 26 Кода Хаффмана см. таблицу 24, но *linbits*=6

Т а б л и ц а 27 Кода Хаффмана см. таблицу 24, но *linbits*=7

Т а б л и ц а 28 Кода Хаффмана см. таблицу 24, но *linbits*=8

Т а б л и ц а 29 Кода Хаффмана см. таблицу 24, но *linbits*=9

Т а б л и ц а 30 Кода Хаффмана см. таблицу 24, но *linbits*=11

Т а б л и ц а 31 Кода Хаффмана см. таблицу 24, но *linbits*=13

Т а б л и ц ы Б.8 —Полосы масштабных коэффициентов. Уровень III

В этих таблицах указана ширина каждой полосы масштабных коэффициентов. Всего используется 21 полоса для каждой частоты дискретизации при «длинных» окнах (тип 0, 1 или 3) и 12 полос при «коротких» окнах.

Т а б л и ц а Б.8а — Частота дискретизации 32 кГц

Длинные блоки

Полоса масштабного коэффициента	Ширина полосы	Первая линия	Последняя линия
0	4	0	3
1	4	4	7
2	4	8	11
3	4	12	15
4	4	16	19
5	4	20	23
6	6	24	29
7	6	30	35
8	8	36	43
9	10	44	53
10	12	54	65
11	16	66	81
12	20	82	101
13	24	102	125
14	30	126	155
15	38	156	193
16	46	194	239
17	56	240	295
18	68	296	363
19	84	364	447
20	102	448	549

Короткие блоки

Полоса масштабного коэффициента	Ширина полосы	Первая линия	Последняя линия
0	4	0	3
1	4	4	7
2	4	8	11
3	4	12	15
4	6	16	21
5	8	22	29
6	12	30	41

Окончание таблицы Б.8а

Полоса масштабного коэффициента	Ширина полосы	Первая линия	Последняя линия
7	16	42	57
8	20	58	77
9	26	78	103
10	34	104	137
11	42	138	179

Т а б л и ц а Б.8б — Частота дискретизации 44,1 кГц

Длинные блоки

Полоса масштабного коэффициента	Ширина полосы	Первая линия	Последняя линия
0	4	0	3
1	4	4	7
2	4	8	11
3	4	12	15
4	4	16	19
5	4	20	23
6	6	24	29
7	6	30	35
8	8	36	43
9	8	44	51
10	10	52	61
11	12	62	73
12	16	74	89
13	20	90	109
14	24	110	133
15	28	134	161
16	34	162	195
17	42	196	237
18	50	238	287
19	54	288	341
20	76	342	417

Короткие блоки

Полоса масштабного коэффициента	Ширина полосы	Первая линия	Последняя линия
0	4	0	3
1	4	4	7
2	4	8	11

Окончание таблицы Б.8б

Полоса масштабного коэффициента	Ширина полосы	Первая линия	Последняя линия
3	4	12	15
4	6	16	21
5	8	22	29
6	10	30	39
7	12	40	51
8	14	52	65
9	18	66	83
10	22	84	105
11	30	106	135

Т а б л и ц а Б.8в — Частота дискретизации 48 кГц

Длинные блоки

Полоса масштабного коэффициента	Ширина полосы	Первая линия	Последняя линия
0	4	0	3
1	4	4	7
2	4	8	11
3	4	12	15
4	4	16	19
5	4	20	23
6	6	24	29
7	6	30	35
8	6	36	41
9	8	42	49
10	10	50	59
11	12	60	71
12	16	72	87
13	18	88	105
14	22	106	127
15	28	128	155
16	34	156	189
17	40	190	229
18	46	230	275
19	54	276	329
20	54	330	383

Короткие блоки

Полоса масштабного коэффициента	Ширина полосы	Первая линия	Последняя линия
0	4	0	3
1	4	4	7
2	4	8	11
3	4	12	15
4	6	16	21
5	6	22	27
6	10	28	37
7	12	38	49
8	14	50	63
9	16	64	79
10	20	80	99
11	26	100	125

Т а б л и ц а Б.9 — Коэффициенты для устранения элайзинга. Уровень III

(i)	c_i
0	–0,6
1	–0,535
2	–0,33
3	–0,185
4	–0,095
5	–0,041
6	–0,0142
7	–0.0037

Коэффициенты «бабочки» cs_i и ca_i вычисляются по формулам

$$cs_i = \frac{1}{\sqrt{1+c_i^2}}, \quad ca_i = \frac{c_i}{\sqrt{1+c_i^2}}.$$

Приложение В
(обязательное)

Процесс кодирования

В.1 Кодер

В.1.1 Краткий обзор

В данном приложении для каждого слоя приводится пример кодера с соответствующими блок-схемами. В кратком введении дается общая идея кодирования.

В.1.1.1 Введение

Алгоритм, приведенный в данном стандарте, является психоакустическим алгоритмом. На рисунке В.1 показаны основные блоки психоакустического алгоритма.

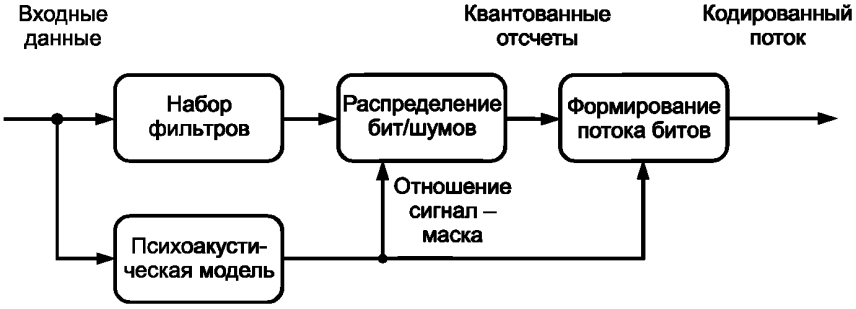


Рисунок В.1 — Блок-схема кодера

Четыре основные части психоакустического кодера описаны ниже.

В.1.1.1.1 Набор фильтров

Набор фильтров реализует частотно-временное преобразование. В алгоритме ISO/IEC 1117203 (MPEG Audio) используются два разных набора фильтров: полифазный набор и гибридный полифазный/МДКП набор. Каждый набор реализует определенное частотно-временное преобразование. Для данных наборов фильтров количество отсчетов в частотной области равно количеству отсчетов во временной области. Наборы фильтров обеспечивают основное частотное разделение в кодере и реконструкцию сигнала в декодере. Отсчеты на выходе наборов фильтров подлежат квантованию.

В.1.1.1.2 Психоакустическая модель

В блоке психоакустической модели вычисляется минимально заметный уровень шумов в каждой полосе набора фильтров. Этот уровень шумов используется при распределении битов или шума при определении фактических квантователей и уровней квантования. Есть две психоакустические модели, приведенные в приложении Г. В то время как обе они могут использоваться с любым уровнем ISO/IEC 1117203 (MPEG Audio), на практике Модель 1 используется для Уровней I и II, а Модель 2 — для Уровня III. В обеих психоакустических моделях выходом является отношение сигнал-маска (*SMR*) для каждой полосы (Уровни I и II) или группы полос (Уровень III).

В.1.1.1.3 Распределение битов или шумов

Блок распределения анализирует выходные отсчеты набора фильтров и *SMR* психоакустической модели и распределяет биты (Уровни I и II) или шумы (Уровень III), чтобы одновременно удовлетворить и требование по скорости передачи и требования маскирования. На низких скоростях передачи эти методы нацелены на то, чтобы потратить биты на минимизацию искажений при невозможности удовлетворить психоакустические требования.

В.1.1.1.4 Блок форматирования потока битов

В блоке форматирования потока битов квантованные отсчеты набора фильтров вместе с данными о распределении битов (Уровни I и II) или шумов (Уровень III) и другой служебной информацией кодируются и форматируются определенным образом. В случае Уровня III дополнительно используется код Хаффмана.

В.1.1.2 Набор фильтров

На Уровнях I и II используется набор фильтров с 32 субполосами. В каждой субполосе 12 или 36 отсчетов группируются для обработки. На Уровне III набор фильтров обладает сигнально-зависимой разрешающей способностью с 6 × 32 или 18 × 32 частотными линиями. Если есть 6 × 32 частотных полосы, группа из трех последовательных значений каждой частоты квантуется отдельно.

В.1.1.3 Метод распределения битов или шумов

В этом приложении описываются два различных способа управления скоростью передачи, На Уровнях I и II используется распределение битов, то есть определенное количество битов отводится каждому отсчету (или группе отсчетов) в каждой субполосе. На Уровне III используется распределение шумов, при котором квантователи

изменяются по определенному закону, и управляемым параметром фактически является внесенный шум. В обоих случаях результатом являются набор параметров квантования и квантованные выходные отсчеты, которые подаются на блок формирования потока битов.

В.1.1.4 Формирование потока битов

Блок формирования потока битов зависит от выбранного уровня. На Уровнях I и II для каждого субполосного отсчета используется фиксированная ИКМ, за исключением возможности группировки квантуемых отсчетов на Уровне II. На Уровне III используется код Хаффмана с переменной длиной кодового слова для более эффективного кодирования за счет дополнительной сложности.

В.1.2 Входной фильтр верхних частот

Алгоритмы кодирования обеспечивают частотную характеристику вплоть до постоянной составляющей. Однако, если это не является обязательным требованием, рекомендуется включение фильтра верхних частот на входе кодера. Частота среза должна быть в диапазоне 2—10 Гц.

Использование такого фильтра верхних частот устраняет неоправданно высокие затраты на кодирование самой низкой субполосы и увеличивает общее качество звука.

В.1.3 Субполосный фильтр анализа

Субполосный фильтр анализа используется для разделения широкополосного сигнала с частотой дискретизации *Fs* на 32 одинаковых по ширине полосы с частотами дискретизации *Fs*/32. Блок-схема этого процесса с соответствующими формулами дана на рисунке В.4. Субполосная фильтрация включает в себя следующие шаги:

- ввод новых 32 звуковых отсчетов;
- создание вектора входных отсчетов X из 512 элементов, сдвиг на 32 отсчета, при этом новые отсчеты оказываются на позициях 0—31;
- вектор *X* поэлементно умножается на оконную функцию *Ci*. Коэффициенты оконной функции даны в таблице В.1;
- вычисляются 64 значения *Yi* согласно формуле, данной в блок-схеме на рис.В4;
- вычисляются 32 субполосных отсчета *Si* путем матрицирования;
- коэффициенты матрицы могут быть вычислены по следующей формуле:

$$M_{ik} = \cos\left[(2i+1)(k-16)\pi/64\right], \quad \text{i = 0 ... 31 и k = 0 ... 63.}$$

Таблица В.1 — Коэффициенты C_i

C[0] = 0,000000000	*C*[1] = –0,000000477	*C*[2] = –0,000000477	*C*[3] = –0,000000477
C[4] = –0,000000477	*C*[5] = –0,000000477	C[6] = –0,000000477	C[7] = –0,000000954
C[8] = –0,000000954	C[9] = –0,000000954	*C*[10] = –0,000000954	*C*[11] = –0,000001431
C[12] = –0,000001431	*C*[13] = –0,000001907	*C*[14] = –0,000001907	*C*[15] = –0,000002384
C[16] = –0,000002384	*C*[17] = –0,000002861	*C*[18] = –0,000003338	*C*[19] = –0,000003338
C[20] = –0,000003815	*C*[21] = –0,000004292	*C*[22] = –0,000004768	*C*[23] = –0,000005245
C[24] = –0,000006199	*C*[25] = –0,000006676	*C*[26] = –0,000007629	*C*[27] = –0,000008106
C[28] = –0,000009060	*C*[29] = –0,000010014	*C*[30] = –0,000011444	*C*[31] = –0,000012398
C[32] = –0,000013828	*C*[33] = –0,000014782	*C*[34] = –0,000016689	*C*[35] = –0,000018120
C[36] = –0,000019550	*C*[37] = –0,000021458	*C*[38] = –0,000023365	*C*[39] = –0,000025272
C[40] = –0,000027657	*C*[41] = –0,000030041	*C*[42] = –0,000032425	*C*[43] = –0,000034809
C[44] = –0,000037670	*C*[45] = –0,000040531	*C*[46] = –0,000043392	*C*[47] = –0,000046253
C[48] = –0,000049591	*C*[49] = –0,000052929	*C*[50] = –0,000055790	*C*[51] = –0,000059605
C[52] = –0,000062943	*C*[53] = –0,000066280	*C*[54] = –0,000070095	*C*[55] = –0,000073433
C[56] = –0,000076771	*C*[57] = –0,000080585	*C*[58] = –0,000083923	*C*[59] = –0,000087261
C[60] = –0,000090599	*C*[61] = –0,000093460	*C*[62] = –0,000096321	*C*[63] = –0,000099182
C[64] = 0,000101566	*C*[65] = 0,000103951	*C*[66] = 0,000105858	*C*[67] = 0,000107288
C[68] = 0,000108242	*C*[69] = 0,000108719	*C*[70] = 0,000108719	*C*[71] = 0,000108242
C[72] = 0,000106812	*C*[73] = 0,000105381	*C*[74] = 0,000102520	*C*[75] = 0,000099182

Продолжение таблицы В.1

C[76] = 0,000095367	*C*[77] = 0,000090122	*C*[78] = 0,000084400	*C*[79] = 0,000077724
C[80] = 0,000069618	*C*[81] = 0,000060558	C[82] = 0,000050545	*C*[83] = 0,000039577
C[84] = 0,000027180	*C*[85] = 0,000013828	*C*[86]= –0,000000954	*C*[87] = –0,000017166
C[88] = –0,000034332	*C*[89] = –0,000052929	*C*[90] = –0,000072956	*C*[91] = –0,000093937
C[92] = –0,000116348	*C*[93] = –0,000140190	*C*[94] = –0,000165462	*C*[95] = –0,000191212
C[96] = –0,000218868	*C*[97] = –0,000247478	*C*[98] = –0,000277042	*C*[99] = –0,000307560
C[100] = –0,000339031	*C*[101] = –0,000371456	*C*[102] = –0,000404358	*C*[103] = –0,000438213
C[104] = –0,000472546	*C*[105] = –0,000507355	*C*[106] = –0,000542164	*C*[107] = –0,000576973
C[108] = –0,000611782	*C*[109] = –0,000646591	*C*[110] = –0,000680923	*C*[111] = –0,000714302
C[112] = –0,000747204	*C*[113] = –0,000779152	*C*[114] = –0,000809669	*C*[115] = –0,000838757
C[116] = –0,000866413	*C*[117] = –0,000891685	*C*[118] = –0,000915051	*C*[119] = –0,000935555
C[120] = –0,000954151	*C*[121] = –0,000968933	*C*[122] = –0,000980854	*C*[123] = –0,000989437
C[124] = –0,000994205	*C*[125] = –0,000995159	*C*[126] = –0,000991821	*C*[127] = –0,000983715
C[128] = 0,000971317	*C*[129] = 0,000953674	C[130] = 0,000930786	*C*[131] = 0,000902653
C[132] = 0,000868797	*C*[133] = 0,000829220	*C*[134] = 0,000783920	*C*[135] = 0,000731945
C[136] = 0,000674248	*C*[137] = 0,000610352	*C*[138] = 0,000539303	*C*[139] = 0,000462532
C[140] = 0,000378609	*C*[141] = 0,000288486	*C*[142] = 0,000191689	*C*[143] = 0,000088215
C[144] = –0,000021458	*C*[145] = –0,000137329	*C*[146] = –0,000259876	*C*[147] = –0,000388145
C[148] = –0,000522137	*C*[149] = –0,000661850	*C*[150] = –0,000806808	*C*[151] = –0,000956535
C[152] = –0,001111031	*C*[153] = –0,001269817	*C*[154] = –0,001432419	*C*[155] = –0,001597881
C[156] = –0,001766682	*C*[157] = –0,001937389	*C*[158] = –0,002110004	*C*[159] = –0,002283096
C[160] = –0,002457142	*C*[161] = –0,002630711	*C*[162] = –0,002803326	*C*[163] = –0,002974033
C[164] = –0,003141880	*C*[165] = –0,003306866	*C*[166] = –0,003467083	*C*[167] = –0,003622532
C[168] = –0,003771782	*C*[169] = –0,003914356	*C*[170] = –0,004048824	*C*[171] = –0,004174709
C[172] = –0,004290581	*C*[173] = –0,004395962	*C*[174] = –0,004489899	*C*[175] = –0,004570484
C[176] = –0,004638195	*C*[177] = –0,004691124	*C*[178] = –0,004728317	*C*[179] = –0,004748821
C[180] = –0,004752159	*C*[181] = –0,004737377	*C*[182] = –0,004703045	*C*[183] = –0,004649162
C[184] = –0,004573822	*C*[185] = –0,004477024	*C*[186] = –0,004357815	*C*[187] = –0,004215240
C[188] = –0,004049301	*C*[189] = –0,003858566	*C*[190] = –0,003643036	*C*[191] = –0,003401756
C[192] = 0,003134727	*C*[193] = 0,002841473	*C*[194] = 0,002521515	*C*[195] = 0,002174854
C[196] = 0,001800537	*C*[197] = 0,001399517	*C*[198] = 0,000971317	*C*[199] = 0,000515938
C[200] = 0,000033379	*C*[201] = –0,000475883	*C*[202] = –0,001011848	*C*[203] = –0,001573563
C[204] = –0,002161503	*C*[205] = –0,002774239	*C*[206] = –0,003411293	*C*[207] = –0,004072189
C[208] = –0,004756451	*C*[209] = –0,005462170	*C*[210] = –0,006189346	*C*[211] = –0,006937027
C[212] = –0,007703304	*C*[213] = –0,008487225	*C*[214] = –0,009287834	*C*[215] = –0,010103703
C[216] = –0,010933399	*C*[217] = –0,011775017	C[218] = –0,012627602	*C*[219] = –0,013489246

Продолжение таблицы В.1

$C[220] = -0,014358521$	$C[221] = -0,015233517$	$C[222] = -0,016112804$	$C[223] = -0,016994476$
$C[224] = -0,017876148$	$C[225] = -0,018756866$	$C[226] = -0,019634247$	$C[227] = -0,020506859$
$C[228] = -0,021372318$	$C[229] = -0,022228718$	$C[230] = -0,023074150$	$C[231] = -0,023907185$
$C[232] = -0,024725437$	$C[233] = -0,025527000$	$C[234] = -0,026310921$	$C[235] = -0,027073860$
$C[236] = -0,027815342$	$C[237] = -0,028532982$	$C[238] = -0,029224873$	$C[239] = -0,029890060$
$C[240] = -0,030526638$	$C[241] = -0,031132698$	$C[242] = -0,031706810$	$C[243] = -0,032248020$
$C[244] = -0,032754898$	$C[245] = -0,033225536$	$C[246] = -0,033659935$	$C[247] = -0,034055710$
$C[248] = -0,034412861$	$C[249] = -0,034730434$	$C[250] = -0,035007000$	$C[251] = -0,035242081$
$C[252] = -0,035435200$	$C[253] = -0,035586357$	$C[254] = -0,035694122$	$C[255] = -0,035758972$
$C[256] = 0,035780907$	$C[257] = 0,035758972$	$C[258] = 0,035694122$	$C[259] = 0,035586357$
$C[260] = 0,035435200$	$C[261] = 0,035242081$	$C[262] = 0,035007000$	$C[263] = 0,034730434$
$C[264] = 0,034412861$	$C[265] = 0,034055710$	$C[266] = 0,033659935$	$C[267] = 0,033225536$
$C[268] = 0,032754898$	$C[269] = 0,032248020$	$C[270] = 0,031706810$	$C[271] = 0,031132698$
$C[272] = 0,030526638$	$C[273] = 0,029890060$	$C[274] = 0,029224873$	$C[275] = 0,028532982$
$C[276] = 0,027815342$	$C[277] = 0,027073860$	$C[278] = 0,026310921$	$C[279] = 0,025527000$
$C[280] = 0,024725437$	$C[281] = 0,023907185$	$C[282] = 0,023074150$	$C[283] = 0,022228718$
$C[284] = 0,021372318$	$C[285] = 0,020506859$	$C[286] = 0,019634247$	$C[287] = 0,018756866$
$C[288] = 0,017876148$	$C[289] = 0,016994476$	$C[290] = 0,016112804$	$C[291] = 0,015233517$
$C[292] = 0,014358521$	$C[293] = 0,013489246$	$C[294] = 0,012627602$	$C[295] = 0,011775017$
$C[296] = 0,010933399$	$C[297] = 0,010103703$	$C[298] = 0,009287834$	$C[299] = 0,008487225$
$C[300] = 0,007703304$	$C[301] = 0,006937027$	$C[302] = 0,006189346$	$C[303] = 0,005462170$
$C[304] = 0,004756451$	$C[305] = 0,004072189$	$C[306] = 0,003411293$	$C[307] = 0,002774239$
$C[308] = 0,002161503$	$C[309] = 0,001573563$	$C[310] = 0,001011848$	$C[311] = 0,000475883$
$C[312] = -0,000033379$	$C[313] = -0,000515938$	$C[314] = -0,000971317$	$C[315] = -0,001399517$
$C[316] = -0,001800537$	$C[317] = -0,002174854$	$C[318] = -0,002521515$	$C[319] = -0,002841473$
$C[320] = 0,003134727$	$C[321] = 0,003401756$	$C[322] = 0,003643036$	$C[323] = 0,003858566$
$C[324] = 0,004049301$	$C[325] = 0,004215240$	$C[326] = 0,004357815$	$C[327] = 0,004477024$
$C[328] = 0,004573822$	$C[329] = 0,004649162$	$C[330] = 0,004703045$	$C[331] = 0,004737377$
$C[332] = 0,004752159$	$C[333] = 0,004748821$	$C[334] = 0,004728317$	$C[335] = 0,004691124$
$C[336] = 0,004638195$	$C[337] = 0,004570484$	$C[338] = 0,004489899$	$C[339] = 0,004395962$
$C[340] = 0,004290581$	$C[341] = 0,004174709$	$C[342] = 0,004048824$	$C[343] = 0,003914356$
$C[344] = 0,003771782$	$C[345] = 0,003622532$	$C[346] = 0,003467083$	$C[347] = 0,003306866$
$C[348] = 0,003141880$	$C[349] = 0,002974033$	$C[350] = 0,002803326$	$C[351] = 0,002630711$
$C[352] = 0,002457142$	$C[353] = 0,002283096$	$C[354] = 0,002110004$	$C[355] = 0,001937389$
$C[356] = 0,001766682$	$C[357] = 0,001597881$	$C[358] = 0,001432419$	$C[359] = 0,001269817$
$C[360] = 0,001111031$	$C[361] = 0,000956535$	$C[362] = 0,000806808$	$C[363] = 0,000661850$

Окончание таблицы В.1

C[364] = 0,000522137	*C*[365] = 0,000388145	*C*[366] = 0,000259876	*C*[367] = 0,000137329
C[368] = 0,000021458	*C*[369] = –0,000088215	*C*[370] = –0,000191689	*C*[371] = –0,000288486
C[372] = –0,000378609	*C*[373] = –0,000462532	*C*[374] = –0,000539303	*C*[375] = –0,000610352
C[376] = –0,000674248	*C*[377] = –0,000731945	*C*[378] = –0,000783920	*C*[379] = –0,000829220
C[380] = –0,000868797	*C*[381] = –0,000902653	*C*[382] = –0,000930786	*C*[383] = –0,000953674
C[384] = 0,000971317	*C*[385] = 0,000983715	*C*[386] = 0,000991821	*C*[387] = 0,000995159
C[388] = 0,000994205	*C*[389] = 0,000989437	*C*[390] = 0,000980854	*C*[391] = 0,000968933
C[392] = 0,000954151	*C*[393] = 0,000935555	*C*[394] = 0,000915051	*C*[395] = 0,000891685
C[396] = 0,000866413	*C*[397] = 0,000838757	*C*[398] = 0,000809669	*C*[399] = 0,000779152
C[400] = 0,000747204	*C*[401] = 0,000714302	*C*[402] = 0,000680923	*C*[403] = 0,000646591
C[404] = 0,000611782	*C*[405] = 0,000576973	*C*[406] = 0,000542164	*C*[407] = 0,000507355
C[408] = 0,000472546	*C*[409] = 0,000438213	*C*[410] = 0,000404358	*C*[411] = 0,000371456
C[412] = 0,000339031	*C*[413] = 0,000307560	*C*[414] = 0,000277042	*C*[415] = 0,000247478
C[416] = 0,000218868	*C*[417] = 0,000191212	*C*[418] = 0,000165462	*C*[419] = 0,000140190
C[420] = 0,000116348	*C*[421] = 0,000093937	*C*[422] = 0,000072956	*C*[423] = 0,000052929
C[424] = 0,000034332	*C*[425] = 0,000017166	*C*[426] = 0,000000954	*C*[427] = –0,000013828
C[428] = –0,000027180	*C*[429] = –0,000039577	*C*[430] = –0,000050545	*C*[431] = –0,000060558
C[432] = –0,000069618	*C*[433] = –0,000077724	*C*[434] = –0,000084400	*C*[435] = –0,000090122
C[436] = –0,000095367	*C*[437] = –0,000099182	*C*[438] = –0,000102520	*C*[439] = –0,000105381
C[440] = –0,000106812	*C*[441] = –0,000108242	*C*[442] = –0,000108719	*C*[443] = –0,000108719
C[444] = –0,000108242	*C*[445]= –0,000107288	*C*[446] = –0,000105858	*C*[447] = –0,000103951
C[448] = 0,000101566	*C*[449] = 0,000099182	*C*[450] = 0,000096321	*C*[451] = 0,000093460
C[452] = 0,000090599	*C*[453] = 0,000087261	*C*[454] = 0,000083923	*C*[455] = 0,000080585
C[456] = 0,000076771	*C*[457] = 0,000073433	*C*[458] = 0,000070095	*C*[459] = 0,000066280
C[460] = 0,000062943	*C*[461] = 0,000059605	*C*[462] = 0,000055790	*C*[463] = 0,000052929
C[464] = 0,000049591	*C*[465] = 0,000046253	*C*[466] = 0,000043392	*C*[467] = 0,000040531
C[468] = 0,000037670	*C*[469] = 0,000034809	*C*[470] = 0,000032425	*C*[471] = 0,000030041
C[472] = 0,000027657	*C*[473] = 0,000025272	*C*[474] = 0,000023365	*C*[475] = 0,000021458
C[476] = 0,000019550	*C*[477] = 0,000018120	*C*[478] = 0,000016689	*C*[479] = 0,000014782
C[480] = 0,000013828	*C*[481] = 0,000012398	*C*[482] = 0,000011444	*C*[483] = 0,000010014
C[484] = 0,000009060	*C*[485] = 0,000008106	*C*[486] = 0,000007629	*C*[487] = 0,000006676
C[488] = 0,000006199	*C*[489] = 0,000005245	*C*[490] = 0,000004768	*C*[491] = 0,000004292
C[492] = 0,000003815	*C*[493] = 0,000003338	*C*[494] = 0,000003338	*C*[495] = 0,000002861
C[496] = 0,000002384	*C*[497] = 0,000002384	*C*[498] = 0,000001907	*C*[499] = 0,000001907
C[500] = 0,000001431	*C*[501] = 0,000001431	*C*[502] = 0,000000954	*C*[503] = 0,000000954
C[504] = 0,000000954	*C*[505] = 0,000000954	*C*[506] = 0,000000477	*C*[507] = 0,000000477
C[508] = 0,000000477	*C*[509] = 0,000000477	*C*[510] = 0,000000477	*C*[511] = 0,000000477

В.1.4 Психоакустические модели

Два примера психоакустических моделей даны в приложении Г.

В.1.5 Кодирование

В.1.5.1 Кодирование на Уровне I

В.1.5.1.1 Введение

В этом пункте описывается возможный метод кодирования на Уровне I. Описание дается со ссылкой на рисунок В.5.

В.1.5.1.2 Психоакустическая модель

Психоакустические параметры могут быть рассчитаны либо с психоакустической моделью 1, описанной в пункте Г.1, либо с психоакустической моделью 2, описанной в пункте Г.2. Сдвиг блока БПФ равняется 384 отсчетам. Любая модель позволяет определить отношение сигнал-маска в каждой субполосе.

В.1.5.1.3 Субполосная фильтрация

Субполосная фильтрация описывается в пункте В.1.3.

В.1.5.1.4 Расчет масштабных коэффициентов

Расчет масштабных коэффициентов в каждой субполосе выполняется для каждых 12 субполосных отсчетов. Определяется максимум абсолютных значений этих 12 отсчетов. Ближайшее большее, чем этот максимум, значение из таблицы Б.1 используется в качестве масштабного коэффициента.

В.1.5.1.5 Кодирование масштабных коэффициентов

Номер в таблице Б.1 кодируется 6 битами, *MSB* сначала. Масштабный коэффициент передается, только если на субполосу было выделено ненулевое число битов.

В.1.5.1.6 Распределение битов

Перед подстройкой фиксированной скорости передачи должно быть определено число битов, доступных для кодирования отсчетов и масштабных коэффициентов. Это число может быть получено путем вычитания из общего количества битов *cb* количества битов заголовка *bhdr* (32 бита), битов *CRC bcrc*, если оно используется (16 бит), информации о распределении бит *bbal*, и количества битов, требуемых для передачи дополнительных данных banc:

$$adb = cb - (bhdr + bcrc + bbal + banc).$$

Полученное количество битов может использоваться для кодирования субполосных отсчетов и масштабных коэффициентов. В основу процедуры распределения заложен принцип минимизации общего отношения шум-маска для всего кадра с ограничением на то, что число используемых битов не должно превышать число битов, доступных для этого кадра.

Процедура выделения выполняется итеративно, причем на каждом шаге число уровней приоритетных субполосных отсчетов увеличивается.

Сначала вычисляется отношение маска-шум *MNR* для каждой субполосы, путем вычитания из отношения сигнал-шум *SNR* отношения сигнал-маска *SMR*:

$$MNR = SNR - SMR.$$

Отношение сигнал-шум может быть найдено из таблицы В.2. Отношение сигнал-маска является выходом психоакустической модели.

Далее на каждую субполосу и масштабный коэффициент выделяется ноль битов. Число битов для кодирования отсчетов *bspl* и число битов для кодирования масштабных коэффициентов *bscf* обнуляются. Затем запускается итеративная процедура, каждый цикл которой содержит следующие шаги:

- среди всех субполос определяется субполоса с минимальным *MNR*;
- точность квантования субполосы с минимальным *MNR* повышается путем увеличения отведенного числа битов на следующее большее значение;
- определяется новое значение *MNR* в этой субполосе;
- обновляется значение *bspl* в соответствии с выделенным количеством битов. Если ненулевое число битов выделяется для субполосы впервые, то *bscf* должен быть увеличен на 6 битов;
- затем вычисляется *adb* по формуле:

$$adb = cb - (bhdr + bcrc + bbal + bscf + bspl + banc).$$

Итеративная процедура повторяетсядо тех пор пока *adb* не станет меньше любого возможного увеличения *bspl* и *bscf* в пределах одного цикла.

В.1.5.1.7 Квантование и кодирование субполосных отсчетов

Применяется равномерное квантование с симметрией относительно нуля. Это предотвращает получение различных результатов квантования при незначительном изменении значений вблизи нуля. Каждый из субполосных отсчетов нормализуется путем деления его значения на масштабный коэффициент для получения X и квантуется согласно следующему алгоритму:

- вычислить $AX + B$;
- оставить N старших значащих битов;
- инвертировать старший бит.

А и В могут быть взяты из таблицы В.3. *N* соответствует количеству битов, необходимому для кодирования количества шагов. Инверсия старшего значащего бита (*MSB*) нужна во избежание получения запрещенной комбинации из всех единиц, используемой для синхронизации.

В.1.5.1.8 Кодирование информации о распределении битов

4-разрядные коды используются для информации о распределении битов.

В.1.5.1.9 Дополнительные данные

Стандарт «Аудио» предполагает использование ряда битов дополнительных данных переменной длины для включения в поток аудиоданных и передачи вместе с ним. Наличие дополнительных данных сокращает количество битов, доступных для аудио, что может привести к ухудшению качества звука.

Наличие последовательности битов дополнительных данных, идентичных синхрослову, может препятствовать синхронизации. Эта проблема наиболее вероятна при использования свободного формата.

В.1.5.1.10 Форматирование

Кодированные субполосные данные передаются по фреймам. Число слотов во фрейме меняется в зависимости от частоты дискретизации (*FS*) и скорости передачи. Каждый фрейм содержит информацию о 384 отсчетах исходного входного сигнала, таким образом, частота следования фреймов составляет *FS*/384.

Fs, кГц	Размер кадра, мс
48	8
44,1	8,7074...
32	12

Фрейм может содержать аудиоданные одного или двух каналов.

Длина слота на Уровне I составляет 32 бита. Число слотов во фрейме может быть вычислено по формуле

$$N = \frac{bitrate}{Fs}12$$

Если результат не является целым числом, то он должен быть округлен. Для получения целого значения требуется пэддинг. Это означает, что число слотов может варьироваться между *N* и *N* + 1.

Формат фрейма Уровня I дан на рисунке В.2.

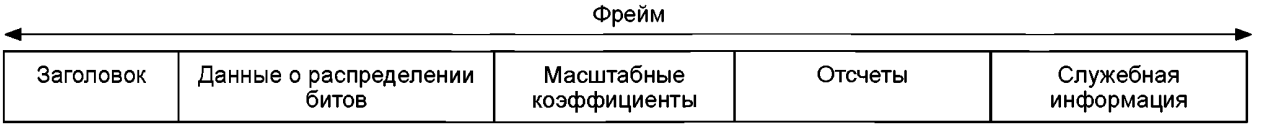


Рисунок В.2 — Формат фрейма. Уровень I

Таблица В.2 — Отношения сигнал-шум. Уровень I

Уровень квантования	*SNR*, дБ
0	0,00
3	7,00
7	16,00
15	25,28
31	31,59
63	37,75
127	43,84
255	49,89
511	55,93
1023	61,96
2047	67,98

Окончание таблицы В.2

Уровень квантования	*SNR*, дБ
4095	74,01
8191	80,03
16383	86,05
32767	92,01

Таблица В.3 — Коэффициенты квантования. Уровень I

Уровень квантования	*A*	*B*
3	0,750000000	–0,250000000
7	0,875000000	–0,125000000
15	0,937500000	–0,062500000
31	0,968750000	–0,031250000
63	0,984375000	–0,015625000
127	0,992187500	–0,007812500
255	0,996093750	–0,003906250
511	0,998046875	–0,001953125
1023	0,999023438	–0,000976563
2047	0,999511719	–0,000488281
4095	0,999755859	–0,000244141
8191	0,999877930	–0,000122070
16383	0,999938965	–0,000061035
32767	0,999969482	–0,000030518

В.1.5.2 Кодирование на Уровне II

В.1.5.2.1 Введение

В этом пункте описывается возможный метод кодирования на Уровне II. Описание дается со ссылкой на рисунок В.5.

В.1.5.2.2 Психоакустическая модель

Психоакустические параметры могут быть рассчитаны либо с психоакустической моделью 1, описанной в пункте Г.1, либо с психоакустической моделью 2, описанной в пункте Г.2. Сдвиг блока БПФ равен 1152 отсчетам. При использовании психоакустической модели 2 расчет осуществляется дважды со сдвигом на 576 отсчетов и из двух результатов выбирается один с наибольшим отношением сигнал-маска. Любая модель позволяет определить отношение сигнал-маска в каждой субполосе.

В.1.5.2.3 Субполосная фильтрация

Субполосная фильтрация описывается в пункте В.1.3.

В.1.5.2.4 Расчет масштабных коэффициентов

Расчет масштабных коэффициентов в каждой субполосе выполняется для каждых 12 субполосных отсчетов. Определяется максимум абсолютных значений этих 12 отсчетов. Ближайшее большее, чем этот максимум, значение из таблицы Б.1 используется в качестве масштабного коэффициента.

В.1.5.2.5 Кодирование масштабных коэффициентов

Кадр соответствует 36 субполосным отсчетам и поэтому содержит три масштабных коэффициента на одну субполосу. Пусть *scf* соответствует номеру в таблице Б.1. Определяются разности $dscf_1$ и $dscf_2$ между номерами соседних масштабных коэффициентов scf_1, scf_2 и scf_3:

$$dscf_1 = scf_1 - scf_2,$$

$$dscf_2 = scf_2 - scf_3.$$

Класс каждой разности определяется следующим образом:

Класс	*dscf*
1	*dscf* <= –3
2	–3 < *dscf* < 0
3	*dscf* = 0
4	0 < *dscf* < 3
5	*dscf* >= 3

Пара разностных классов указывает на соответствующее значение в таблице В.4 и дает три масштабных коэффициента, которые фактически используются. «1», «2» и «3» означают соответственно первый, второй и третий масштабный коэффициент в пределах кадра, «4» означает максимум из трех масштабных коэффициентов. Если после корректировки два или три масштабных коэффициента оказываются одинаковыми, то не требуется передача их всех для определенной субполосы в пределах одного фрейма. Информацию, описывающую количество и позицию масштабных коэффициентов в каждой субполосе, называют информацией о выборе масштабных коэффициентов.

В.1.5.2.6 Кодирование информации о выборе масштабного коэффициента

Информация о выборе масштабного коэффициента *scalefactor selection information* (*scfsi*) кодируется соответствующей комбинацией из двух битов, которая дается в таблице В.4. Значения *scfsi* передаются только для тех субполос, которые получат ненулевое количество битов.

В.1.5.2.7 Распределение битов

Перед корректировкой фиксированной скорости передачи должно быть определено количество битов *adb*, доступных для кодирования отсчетов и масштабных коэффициентов.

Это число может быть получено путем вычитания из общего количества битов *cb* количества битов заголовка *bhdr* (32 бита), битов *CRC bcrc*, если оно используется (16 битов), битов распределения *bbal* и количества битов, требуемых для передачи дополнительных данных *banc*:

$$adb = cb - (bhdr + bcrc + bbal + banc).$$

Полученное количество битов может использоваться для кодирования субполосных отсчетов и масштабных коэффициентов. В основу процедуры распределения заложен принцип минимизации общего отношения шум-маска для всего фрейма с ограничением на то, что число используемых битов не должно превышать число битов, доступных для этого фрейма. Количество уровней квантования, которое может быть использовано для кодирования субполосных отсчетов, дано в таблице Б.2. Возможное количество битов, выделенных на один отсчет, может быть найдено в таблице Б.4.

Процедура выделения выполняется итеративно, причем на каждом шаге число уровней приоритетных субполосных отсчетов увеличивается.

Сначала вычисляется отношение маска-шум *MNR* для каждой субполосы путем вычитания из отношения сигнал-шум SNR отношения сигнал-маска *SMR*:

$$MNR = SNR - SMR.$$

Отношение сигнал-шум может быть найдено из таблицы В.5. Отношение сигнал-маска является выходом психоакустической модели.

Далее на каждую субполосу и масштабный коэффициент выделяется ноль битов. Число битов для кодирования отсчетов *bspl* и число битов для кодирования масштабных коэффициентов *bscf* обнуляются. Затем запускается итеративная процедура, каждый цикл которой содержит следующие шаги:

- среди всех субполос определяется субполоса с минимальным *MNR*.
- точность квантования субполосы с минимальным *MNR* повышается путем выбора следующего большего значения в таблице Б.2;
- определяется новое значение *MNR* в этой субполосе.
- обновляется значение *bspl* в соответствии с выделенным количеством битов. Если ненулевое число битов выделяется для субполосы впервые, то *bscf* должен быть увеличен на 6 битов. Затем вычисляется *adb* по формуле:

$$adb = cb - (bhdr + bcrc + bbal + bscf + bspl + banc).$$

Итеративная процедура повторяется до тех пор, пока *adb* не станет меньше любого возможного увеличения *bspl* и *bscf* в пределах одного цикла.

В.1.5.2.8 Квантование и кодирование субполосных отсчетов

Каждый из 12 субполосных отсчетов подлежит нормализации путем деления на масштабный коэффициент для получения значения X и затем квантуется по следующему правилу:

- вычислить $A * X + B$;
- оставить *N* старших значащих битов;

- инвертировать старший бит.

A и *B* могут быть взяты из таблицы В.6. *N* соответствует количеству битов, необходимому для кодирования количества шагов. Инверсия старшего значащего бита (*MSB*) нужна во избежание получения запрещенной комбинации из всех единиц, используемой для синхронизации.

Для заданного числа шагов квантования в таблице Б 4 указывается, будет ли использоваться группировка. Если группировка не требуется, три субполосных отсчета кодируются отдельными кодовыми комбинациями.

Если группировка требуется, три последовательных субполосных отсчета кодируются одной кодовой комбинацией. В этом случае для данной тройки передается только одно значение v_m (*MSB* сначала). Соотношение между кодированным значением v_m (m = 3, 5, 9) и тремя последовательными субполосными отсчетами x, y, z

$v_3 = 9z + 3y + x$ (v_3= 0... 26);
$v_5 = 25z + 5y + x$ (v_5= 0... 124);
$v_9 = 81z + 9y + x$ (v_9= 0... 728).

В.1.5.2.9 Кодирование информации о распределении битов

В целях повышения эффективности кодирования для каждой субполосы разрешен только определенный набор квантователей. В результате передается только номер *nbal* в соответствующей таблице Б.2, *MSB* первым.

В.1.5.2.10 Дополнительные данные

Стандарт звуковых сигналов предполагает использование ряда битов дополнительных данных переменной длины для включения в поток аудиоданных и передачи вместе с ним. Наличие дополнительных данных сокращает количество битов, доступных для аудио, что может привести к ухудшению качества звука.

Наличие последовательности битов дополнительных данных, идентичных синхрослову, может препятствовать синхронизации. Эта проблема наиболее вероятна при использовании свободного формата.

В.1.5.2.11 Форматирование

Формат фрейма Уровня II дан на рисунке В.3.

Фрейм

Заголовок	Данные о распределении битов	Масштабные коэффициенты	Данные о масштабных коэффициентах	Отсчеты	Служебная информация

Рисунок В.3 — Формат фрейма. Уровень II

Различия по сравнению с Уровнем I:

- длина слота равняется 8 битам;
- используется новый блок *scfsi*, содержащий информацию о выборе масштабных коэффициентов;
- информация о распределении бит, масштабные коэффициенты и отсчеты подвергаются дальнейшему кодированию.

Таблица В.4 — Последовательности масштабных коэффициентов. Уровень II

Класс 1	Класс 2	Масштабные коэффициенты, используемые в кодере	Последовательность	Информация о выборе
	1	1 2 3	1 2 3	0
	2	1 2 2	1 2	3
	3	1 2 2	1 2	3
	4	1 3 3	1 3	3
	5	1 2 3	1 2 3	0
2	1	1 1 3	1 3	1
2	2	1 1 1	1	2
2	3	1 1 1	1	2
2	4	4 4 4	4	2
2	5	1 1 3	1 3	1
3	1	1 1 1	1	2
3	2	1 1 1	1	2

Окончание таблицы В.4

Класс 1	Класс 2	Масштабные коэффициенты, используемые в кодере	Последовательность	Информация о выборе
3	3	1 1 1	1	2
3	4	3 3 3	3	2
3	5	1 1 3	1 3	1
4	1	2 2 2	2	2
4	2	2 2 2	2	2
4	3	2 2 2	2	2
4	4	3 3 3	3	2
4	5	1 2 3	1 2 3	0
5	1	1 2 3	1 2 3	0
5	2	1 2 2	1 2	3
5	3	1 2 2	1 2	3
5	4	1 3 3	1 3	3
5	5	1 2 3	1 2 3	0

Т а б л и ц а В.5 — Отношения сигнал-шум. Уровень II

Количество уровней квантования	*SNR*, дБ
0	0,00
3	7,00
5	11,00
7	16,00
9	20,84
15	25,28
31	31,59
63	37,75
127	43,84
255	49,89
511	55,93
1023	61,96
2047	67,98
4095	74,01
8191	80,03
16383	86,05
32767	92,01
65535	98,01

Т а б л и ц а В.6 — Коэффициенты квантования. Уровень II

Количество уровней квантования	*A*	*B*
3	0,750000000	–0,250000000
5	0,625000000	–0,375000000
7	0,875000000	–0,125000000
9	0,562500000	–0,437500000
15	0,937500000	–0,062500000
31	0,968750000	–0,031250000
63	0,984375000	–0,015625000
127	0,992187500	–0,007812500
255	0,996093750	–0,003906250
511	0,998046875	–0,001953125
1023	0,999023438	–0,000976563
2047	0,999511719	–0,000488281
4095	0,999755859	–0,000244141
8191	0,999877930	–0,000122070
16383	0,999938965	–0,000061035
32767	0,999969482	–0,000030518
65535	0,999984741	–0,000015259



Рисунок В.4 — Блок-схема алгоритма субполосной фильтрации

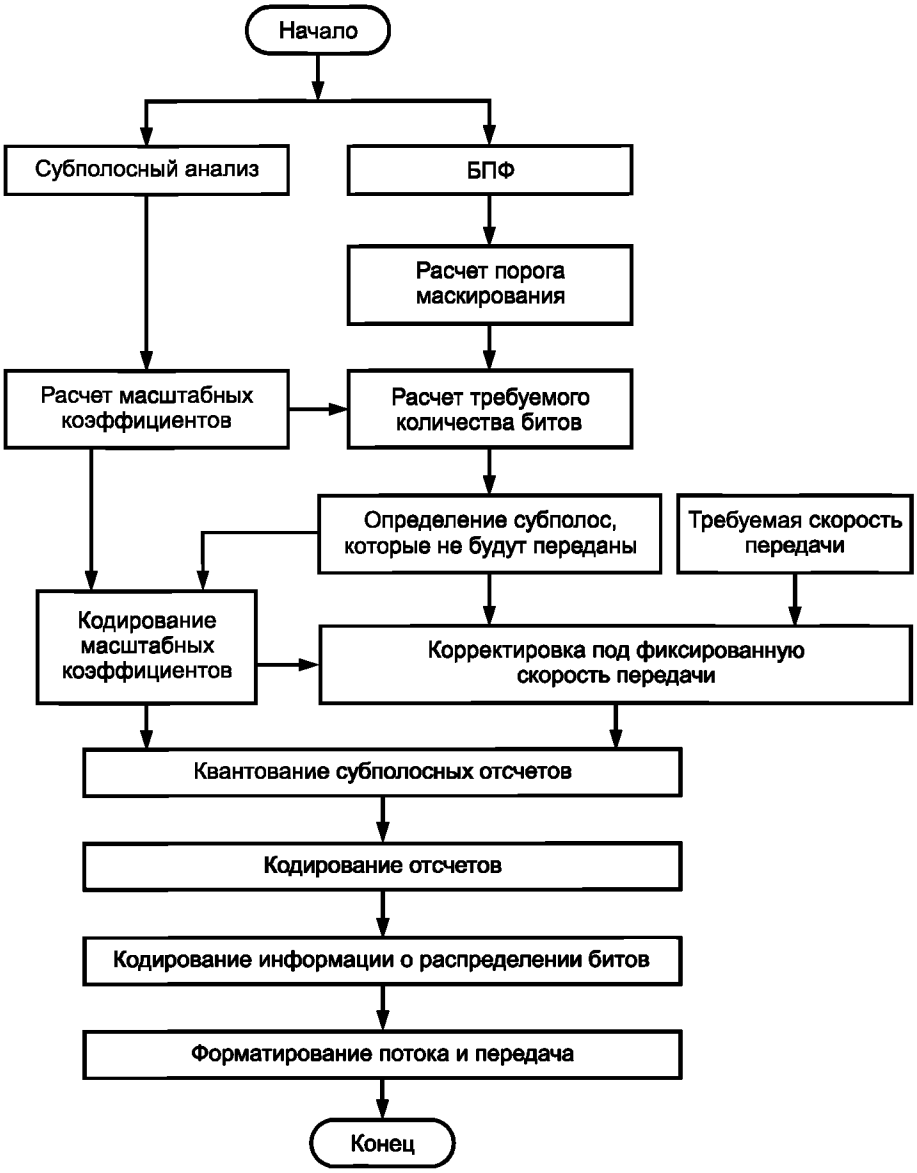


Рисунок В.5 — Блок-схема алгоритма кодера. Уровни I и II

В.1.5.3 Кодирование на Уровне III

В.1.5.3.1 Введение

В этом пункте описывается возможный метод кодирования на Уровне III. Основной алгоритм соответствует общей блок-схеме психоакустического кодера. Основные блоки описываются более подробно ниже.

В.1.5.3.2 Психоакустическая модель

Расчет психоакустических параметров может быть сделан либо с использованием психоакустической модели 1, описанной в таблице Г.1, либо с использованием психоакустической модели 2, описанной в Г.2. Психоакустический расчет выполняется дважды на блок, со сдвигом в 576 отсчетов. Отношение сигнал-маска рассчитывается для каждой полосы масштабных коэффициентов. Описание модификаций в психоакустической модели 2 для использования с Уровнем III дается ниже.

Модель вычисляется дважды, параллельно. Один расчет выполняется со сдвигом *iblen* 192 отсчетов (для использования с короткими блоками), другой — со сдвигом в 576 отсчета. Для сдвига в 192 отсчета размер блока БПФ изменяется на 256 с соответствующим изменением всех параметров.

1. Изменения при вычислении неопределенности:

Изменено вычисление энтропийного расстояния в психоакустической модели 2.

2. Расчет энтропии:

Энтропия *cw* вычисляется для первых 206 линий спектра, для других линий спектра энтропия устанавливается равной 0,4.

Энтропия для первых 6 линий вычисляется из длинного БПФ (длина окна = 1024, *shiftlen* = 576). Для линий спектра с 6 до 205 энтропия вычисляется из короткого БПФ (длина окна = 256, *shiftlen* = 192):

$$cw(w) = \begin{cases} cw\,\hat{}\,1(w) & 0 \le w < 6 \\ cw\,\hat{}\,s\big((w+2)DIV4\big) & 6 \le w \le 206 \\ 0,4 & w \ge 206, \end{cases}$$

где *cw_1* — энтропия, вычисленная из длинного БПФ; *cw_s* — неопределенность, вычисленная из короткого БПФ второго из трех коротких блоков в пределах одной гранулы.

3. Заменена функции маскировки:

if j ≥ i *tmpy* = 3,0(*j* — *i*)

else *tmpy* = 1, 5(*j* — *i*)

Используются значения функции маскировки, превышающие 10^{-6}. Все другие значения обнуляются.

4. Параметры, используемые для преобразования энтропии.

*conv*1 = –0,299

*conv*2 = –0,43

5. Параметр *NMT* (тон, маскирующий шум) устанавливается равным 6,0 дБ для всех участков, используемых при расчете порога. Параметр *TMN* (шум, маскирующий тон) устанавливается равным 29,0 дБ для всех участков, используемых при расчете порога. Значения *minval* даны в таблицах В.7.

6. Психоакустическая энтропия *pe* оценивается на основе отношения *thr/eb*, где *thr* — порог маскирования, *eb* — энергия:

$$pe = -\sum\Big(cbwidth_k \cdot \lg\big(thr_k/(eb_k+1)\big)\Big),$$

где *cbwidth* — ширина порогового участка (см. таблицы В7); *k* — номер раздела.

7. Контроль пре-эха

Следующие константы используются для контроля пре-эха:

rpelev = 2

rpelev2 = 16

8. Порог не распространяется по линиям БПФ. Пороговые разделы преобразуются непосредственно в полосы масштабных коэффициентов. Первый раздел, который добавляется к полосе масштабных коэффициентов, взвешивается в окне w1, последний — в окне w2 (см. таблицы В.8). Таблица содержит также число разделов (*cbw*), преобразуемых в одну полосу масштабных коэффициентов (исключая первый и последний разделы).

Параметры *bo* и Ш даны в таблицах В.8. Они используются для преобразования пороговых разделов в полосы масштабных коэффициентов.

9. Для коротких блоков используется упрощенная версия вычисления порога (с постоянным отношением сигнал-шум). Константы *SNR* даны в таблицах В.7.

Т а б л и ц ы В.7 — Разделы вычисления порога маскирования

Т а б л и ц а В.7а — Частота дискретизации 48 кГц, длинные блоки

Номер	БПФ-линии	*minval*	*qthr*	*norm*	*bval*
0	1	24,5	4,532	0,970	0,000
1	1	24,5	4,532	0,755	0,469
2	1	24,5	4,532	0,738	0,937
3	1	24,5	0,904	0,730	1,406
4	1	24,5	0,904	0,724	1,875
5	1	20	0,090	0,723	2,344
6	1	20	0,090	0,723	2,812
7	1	20	0,029	0,723	3,281
8	1	20	0,029	0,718	3,750
9	1	20	0,009	0,690	4,199
10	1	20	0,009	0,660	4,625
11	1	18	0,009	0,641	5,047
12	1	18	0,009	0,600	5,437
13	1	18	0,009	0,584	5,828
14	1	12	0,009	0,531	6,187
15	1	12	0,009	0,537	6,522
16	2	6	0,018	0,857	7,174
17	2	6	0,018	0,858	7,800
18	2	3	0,018	0,853	8,402
19	2	3	0,018	0,824	8,966
20	2	3	0,018	0,778	9,483
21	2	3	0,018	0,740	9,966
22	2	0	0,018	0,709	10,426
23	2	0	0,018	0,676	10,866
24	2	0	0,018	0,632	11,279
25	2	0	0,018	0,592	11,669
26	2	0	0,018	0,553	12,042
27	2	0	0,018	0,510	12,386
28	2	0	0,018	0,513	12,721
29	3	0	0,027	0,608	13,115
30	3	0	0,027	0,673	13,561
31	3	0	0,027	0,636	13,983
32	3	0	0,027	0,586	14,371
33	3	0	0,027	0,571	14,741

Продолжение таблицы В.7а

Номер	БПФ-линии	*minval*	*qthr*	*norm*	*bval*
34	4	0	0,036	0,616	15,140
35	4	0	0,036	0,640	15,562
36	4	0	0,036	0,597	15,962
37	4	0	0,036	0,538	16,324
38	4	0	0,036	0,512	16,665
39	5	0	0,045	0,528	17,020
40	5	0	0,045	0,516	17,373
41	5	0	0,045	0,493	17,708
42	6	0	0,054	0,499	18,045
43	7	0	0,063	0,525	18,398
44	7	0	0,063	0,541	18,762
45	8	0	0,072	0,528	19,120
46	8	0	0,072	0,510	19,466
47	8	0	0,072	0,506	19,807
48	10	0	0,180	0,525	20,159
49	10	0	0,180	0,536	20,522
50	10	0	0,180	0,518	20,873
51	13	0	0,372	0,501	21,214
52	13	0	0,372	0,496	21,553
53	14	0	0,400	0,497	21,892
54	18	0	1,628	0,495	22,231
55	18	0	1,628	0,494	22,569
56	20	0	1,808	0,497	22,909
57	25	0	22,607	0,494	23,248
58	25	0	22,607	0,487	23,583
59	35	0	31,650	0,483	23,915
60	67	0	605,867	0,482	24,246
61	67	0	605,867	0,524	24,576

Т а б л и ц а В.7б — Частота дискретизации 44,1 кГц, длинные блоки

Номер	БПФ-линии	*minval*	*qthr*	*norm*	*bval*
0	1	24,5	4,532	0,951	0,000
1	1	24,5	4,532	0,700	0,431
2	1	24,5	4,532	0,681	0,861
3	1	24,5	0,904	0,675	1,292
4	1	24,5	0,904	0,667	1,723

Продолжение таблицы В.7б

Номер	БПФ-линии	*minval*	*qthr*	*norm*	*bval*
5	1	20	0,090	0,665	2,153
6	1	20	0,090	0,664	2,584
7	1	20	0,029	0,664	3,015
8	1	20	0,029	0,664	3,445
9	1	20	0,029	0,655	3,876
10	1	20	0,009	0,616	4,279
11	1	20	0,009	0,597	4,670
12	1	18	0,009	0,578	5,057
13	1	18	0,009	0,541	5,415
14	1	18	0,009	0,575	5,774
15	2	12	0,018	0,856	6,422
16	2	6	0,018	0,846	7,026
17	2	6	0,018	0,840	7,609
18	2	3	0,018	0,822	8,168
19	2	3	0,018	0,800	8,710
20	2	3	0,018	0,753	9,207
21	2	3	0,018	0,704	9,662
22	2	0	0,018	0,674	10,099
23	2	0	0,018	0,640	10,515
24	2	0	0,018	0,609	10,917
25	2	0	0,018	0,566	11,293
26	2	0	0,018	0,535	11,652
27	2	0	0,018	0,531	11,997
28	3	0	0,027	0,615	12,394
29	3	0	0,027	0,686	12,850
30	3	0	0,027	0,650	13,277
31	3	0	0,027	0,611	13,681
32	3	0	0,027	0,567	14,062
33	3	0	0,027	0,520	14,411
34	3	0	0,027	0,513	14,751
35	4	0	0,036	0,557	15,119
36	4	0	0,036	0,584	15,508
37	4	0	0,036	0,570	15,883
38	5	0	0,045	0,579	16,263
39	5	0	0,045	0,585	16,654

Окончание таблицы В.7б

Номер	БПФ-линии	*minval*	*qthr*	*norm*	*bval*
40	5	0	0,045	0,548	17,020
41	6	0	0,054	0,536	17,374
42	6	0	0,054	0,550	17,744
43	7	0	0,063	0,532	18,104
44	7	0	0,063	0,504	18,447
45	7	0	0,063	0,496	18,781
46	9	0	0,081	0,516	19,130
47	9	0	0,081	0,527	19,487
48	9	0	0,081	0,516	19,838
49	10	0	0,180	0,497	20,179
50	10	0	0,180	0,489	20,510
51	11	0	0,198	0,502	20,852
52	14	0	0,400	0,502	21,196
53	14	0	0,400	0,491	21,531
54	15	0	0,429	0,497	21,870
55	20	0	1,808	0,504	22,214
56	20	0	1,808	0,504	22,558
57	21	0	1,899	0,495	22,898
58	27	0	24,415	0,486	23,232
59	27	0	24,415	0,484	23,564
60	36	0	32,554	0,483	23,897
61	73	0	660,124	0,475	24,229
62	18	0	162,770	0,515	24,542

Таблица В.7в — Частота дискретизации 32 кГц, длинные блоки

Номер	БПФ-линии	*minval*	*qthr*	*norm*	*bval*
0	2	24,5	9,064	0,997	0,312
1	2	24,5	9,064	0,893	0,937
2	2	24,5	1,808	0,881	1,562
3	2	20	0,181	0,873	2,187
4	2	20	0,181	0,872	2,812
5	2	20	0,057	0,871	3,437
6	2	20	0,018	0,860	4,045
7	2	20	0,018	0,839	4,625
8	2	18	0,018	0,812	5,173
9	2	18	0,018	0,784	5,698

Продолжение таблицы В.7в

Номер	БПФ-линии	*minval*	*qthr*	*norm*	*bval*
10	2	12	0,018	0,741	6,184
11	2	12	0,018	0,697	6,634
12	2	6	0,018	0,674	7,070
13	2	6	0,018	0,651	7,492
14	2	6	0,018	0,633	7,905
15	2	3	0,018	0,611	8,305
16	2	3	0,018	0,589	8,695
17	2	3	0,018	0,575	9,064
18	3	3	0,027	0,654	9,483
19	3	3	0,027	0,724	9,966
20	3	0	0,027	0,701	10,425
21	3	0	0,027	0,673	10,866
22	3	0	0,027	0,631	11,279
23	3	0	0,027	0,592	11,669
24	3	0	0,027	0,553	12,042
25	3	0	0,027	0,510	12,386
26	3	0	0,027	0,505	12,721
27	4	0	0,036	0,562	13,091
28	4	0	0,036	0,598	13,488
29	4	0	0,036	0,589	13,873
30	5	0	0,045	0,607	14,268
31	5	0	0,045	0,620	14,679
32	5	0	0,045	0,580	15,067
33	5	0	0,045	0,532	15,424
34	5	0	0,045	0,517	15,771
35	6	0	0,054	0,517	16,120
36	6	0	0,054	0,509	16,466
37	6	0	0,054	0,506	16,807
38	8	0	0,072	0,522	17,158
39	8	0	0,072	0,531	17,518
40	8	0	0,072	0,519	17,869
41	10	0	0,090	0,512	18,215
42	10	0	0,090	0,509	18,562
43	10	0	0,090	0,497	18,902
44	12	0	0,108	0,494	19,239
45	12	0	0,108	0,501	19,579
46	13	0	0,117	0,507	19,925

Окончание таблицы В.7в

Номер	БПФ-линии	*minval*	*qthr*	*norm*	*bval*
47	14	0	0,252	0,502	20,269
48	14	0	0,252	0,493	20,606
49	16	0	0,289	0,497	20,944
50	20	0	0,572	0,506	21,288
51	20	0	0,572	0,510	21,635
52	23	0	0,658	0,504	21,979
53	27	0	2,441	0,496	22,319
54	27	0	2,441	0,493	22,656
55	32	0	2,894	0,490	22,993
56	37	0	33,458	0,483	23,326
57	37	0	33,458	0,458	23,656
58	12	0	10,851	0,500	23,937

Т а б л и ц а В.7г — Частота дискретизации 48 кГц, короткие блоки

Номер	БПФ-линии	*qthr*	*norm*	*SNR*, дБ	*bval*
0	1	4 532	0,970	–8,240	0,000
1	1	0,904	0,755	–8,240	1,875
2	1	0,029	0,738	–8,240	3,750
3	1	0,009	0,730	–8,240	5,437
4	1	0,009	0,724	–8,240	6,857
5	1	0,009	0,723	–8,240	8,109
6	1	0,009	0,723	–8,240	9,237
7	1	0,009	0,723	–8,240	10,202
8	1	0,009	0,718	–8,240	11,083
9	1	0,009	0,690	–8,240	11,864
10	1	0,009	0,660	–7,447	12,553
11	1	0,009	0,641	–7,447	13,195
12	1	0,009	0,600	–7,447	13,781
13	1	0,009	0,584	–7,447	14,309
14	1	0,009	0,532	–7,447	14,803
15	1	0,009	0,537	–7,447	15,250
16	1	0,009	0,857	–7,447	15,667
17	1	0,009	0,858	–7,447	16,068
18	1	0,009	0,853	–7,447	16,409
19	2	0,018	0,824	–7,447	17,044
20	2	0,018	0,778	–6,990	17,607

Продолжение таблицы В.7г

Номер	БПФ-линии	*qthr*	*norm*	*SNR*, дБ	*bval*
21	2	0,018	0,740	–6,990	18,097
22	2	0,018	0,709	–6,990	18,528
23	2	0,018	0,676	–6,990	18,930
24	2	0,018	0,632	–6,990	19,295
25	2	0,018	0,592	–6,990	19,636
26	3	0,054	0,553	–6,990	20,038
27	3	0,054	0,510	–6,990	20,486
28	3	0,054	0,513	–6,990	20,900
29	4	0,114	0,608	–6,990	21,305
30	4	0,114	0,673	–6,020	21,722
31	5	0,452	0,637	–6,020	22,128
32	5	0,452	0,586	–6,020	22,512
33	5	0,452	0,571	–6,020	22,877
34	7	6,330	0,616	–5,229	23,241
35	7	6,330	0,640	–5,229	23,616
36	11	9,947	0,597	–5,229	23,974
37	17	153,727	0,538	–5,229	24,312

Т а б л и ц а В.7д — Частота дискретизации 44,1 кГц, короткие блоки

Номер	БПФ-линии	*qthr*	*norm*	*SNR*, дБ	*bval*
0		4 532	0,952	–8,240	0,000
1		0,904	0,700	–8,240	1,723
2		0,029	0,681	–8,240	3,445
3		0,009	0,675	–8,240	5,057
4		0,009	0,667	–8,240	6,422
5		0,009	0,665	–8,240	7,609
6		0,009	0,664	–8,240	8,710
7		0,009	0,664	–8,240	9,662
8		0,009	0,664	–8,240	10,515
9		0,009	0,655	–8,240	11,293
10		0,009	0,616	–7,447	12,009
И		0,009	0,597	–7,447	12,625
12		0,009	0,578	–7,447	13,210
13		0,009	0,541	–7,447	13,748
14		0,009	0,575	–7,447	14,241

Окончание таблицы В.7д

Номер	БПФ-линии	*qthr*	*norm*	*SNR*, дБ	*bval*
15		0,009	0,856	–7,447	14,695
16		0,009	0,846	–7,447	15,125
17		0,009	0,840	–7,447	15,508
18		0,009	0,822	–7,447	15,891
19	2	0,018	0,800	–7,447	16,537
20	2	0,018	0,753	–6,990	17,112
21	2	0,018	0,704	–6,990	17,620
22	2	0,018	0,674	–6,990	18,073
23	2	0,018	0,640	–6,990	18,470
24	2	0,018	0,609	–6,990	18,849
25	3	0,027	0,566	–6,990	19,271
26	3	0,027	0,535	–6,990	19,741
27	3	0,054	0,531	–6,990	20,177
28	3	0,054	0,615	–6,990	20,576
29	3	0,054	0,686	–6,990	20,950
30	4	0,114	0,650	–6,020	21,316
31	4	0,114	0,612	–6,020	21,699
32	5	0,452	0,567	–6,020	22,078
33	5	0,452	0,520	–6,020	22,438
34	5	0,452	0,513	–5,229	22,782
35	7	6,330	0,557	–5,229	23,133
36	7	6,330	0,584	–5,229	23,484
37	7	6,330	0,570	–5,229	23,828
38	19	171,813	0,578	–4,559	24,173

Т а б л и ц а В.7е — Частота дискретизации 32 кГц, короткие блоки

Номер	БПФ-линии	*qthr*	*norm*	*SNR*, дБ	*bval*
0		4,532	0,997	–8,240	0,000
1		0,904	0,893	–8,240	1,250
2		0,090	0,881	–8,240	2,500
3		0,029	0,873	–8,240	3,750
4		0,009	0,872	–8,240	4,909
5		0,009	0,871	–8,240	5,958
6		0,009	0,860	–8,240	6,857
7		0,009	0,839	–8,240	7,700
8		0,009	0,812	–8,240	8,500

Окончание таблицы В.7е

Номер	БПФ-линии	*qthr*	*norm*	*SNR*, дБ	*bval*
9		0,009	0,784	–8,240	9,237
10		0,009	0,741	–7,447	9,895
11		0,009	0,697	–7,447	10,500
12		0,009	0,674	–7,447	11,083
13		0,009	0,651	–7,447	11,604
14		0,009	0,633	–7,447	12,107
15		0,009	0,611	–7,447	12,554
16		0,009	0,589	–7,447	13,000
17		0,009	0,575	–7,447	13,391
18		0,009	0,654	–7,447	13,781
19	2	0,018	0,724	–7,447	14,474
20	2	0,018	0,701	–6,990	15,096
21	2	0,018	0,673	–6,990	15,667
22	2	0,018	0,631	–6,990	16,177
23	2	0,018	0,592	–6,990	16,636
24	2	0,018	0,553	–6,990	17,057
25	2	0,018	0,510	–6,990	17,429
26	2	0,018	0,506	–6,990	17,786
27	3	0,027	0,562	–6,990	18,177
28	3	0,027	0,598	–6,990	18,597
29	3	0,027	0,589	–6,990	18,994
30	3	0,027	0,607	–6,020	19,352
31	3	0,027	0,620	–6,020	19,693
32	4	0,072	0,580	–6,020	20,066
33	4	0,072	0,532	–6,020	20,461
34	4	0,072	0,517	–5,229	20,841
35	5	0,143	0,517	–5,229	21,201
36	5	0,143	0,509	–5,229	21,549
37	6	0,172	0,506	–5,229	21,911
38	7	0,633	0,522	–4,559	22,275
39	7	0,633	0,531	–4,559	22,625
40	8	0,723	0,519	–3,980	22,971
41	10	9,043	0,512	–3,980	23,321

Т а б л и ц ы В.8 — Таблицы для преобразования пороговых разделов в полосы масштабных коэффициентов

Т а б л и ц а В.8 а — Частота дискретизации 48 кГц, длинные блоки

Номер. *sb*	*cbw*	*bu*	*bo*	*w1*	*w2*
0	3	0	4	1 000	0,056
1	3	4	7	0,944	0,611
2	4	7	11	0,389	0,167
3	3	11	14	0,833	0,722
4	3	14	17	0,278	0,639
5	2	17	19	0,361	0,417
6	3	19	22	0,583	0,083
7	2	22	24	0,917	0,750
8	3	24	27	0,250	0,417
9	3	27	30	0,583	0,648
10	3	30	33	0,352	0,611
11	3	33	36	0,389	0,625
12	4	36	40	0,375	0,144
13	3	40	43	0,856	0,389
14	3	43	46	0,611	0,160
15	3	46	49	0,840	0,217
16	3	49	52	0,783	0,184
17	2	52	54	0,816	0,886
18	3	54	57	0,114	0,313
19	2	57	59	0,687	0,452
20	1	59	60	0,548	0,908

Т а б л и ц а В.8б — Частота дискретизации 44,1 кГц, длинные блоки

Номер *sb*	*cbw*	*bu*	*bo*	*w1*	*w2*
0	3	0	4	1 000	0,056
1	3	4	7	0,944	0,611
2	4	7	11	0,389	0,167
3	3	11	14	0,833	0,722
4	3	14	17	0,278	0,139
5	1	17	18	0,861	0,917
6	3	18	21	0,083	0,583
7	3	21	24	0,417	0,250
8	3	24	27	0,750	0,805
9	3	27	30	0,194	0,574

Окончание таблицы В.8б

Номер *sb*	*cbw*	*bu*	*bo*	*w1*	*w2*
10	3	30	33	0,426	0,537
11	3	33	36	0,463	0,819
12	4	36	40	0,180	0,100
13	3	40	43	0,900	0,468
14	3	43	46	0,532	0,623
15	3	46	49	0,376	0,450
16	3	49	52	0,550	0,552
17	3	52	55	0,448	0,403
18	2	55	57	0,597	0,643
19	2	57	59	0,357	0,722
20	2	59	61	0,278	0,960

Т а б л и ц а В.8в — Частота дискретизации 32 кГц, длинные блоки

Номер *sb*	*cbw*	*bu*	*bo*	*w1*	*w2*
0	1	0	2	1 000	0,528
1	2	2	4	0,472	0,305
2	2	4	6	0,694	0,083
3	1	6	7	0,917	0,861
4	2	7	9	0,139	0,639
5	2	9	11	0,361	0,417
6	3	11	14	0,583	0,083
7	2	14	16	0,917	0,750
8	3	16	19	0,250	0,870
9	3	19	22	0,130	0,833
10	4	22	26	0,167	0,389
11	4	26	30	0,611	0,478
12	4	30	34	0,522	0,033
13	3	34	37	0,967	0,917
14	4	37	41	0,083	0,617
15	3	41	44	0,383	0,995
16	4	44	48	0,005	0,274
17	3	48	51	0,726	0,480
18	3	51	54	0,519	0,261
19	2	54	56	0,739	0,884
20	2	56	58	0,116	1 000

Т а б л и ц а В.8г — Частота дискретизации 48 кГц, короткие блоки

Номер *sb*	*cbw*	*bu*	*bo*	*w1*	*w2*
0	2	0	3	1 000	0,167
1	2	3	5	0,833	0,833
2	3	5	8	0,167	0,500
3	3	8	11	0,500	0,167
4	4	11	15	0,833	0,167
5	4	15	19	0,833	0,583
6	3	19	22	0,417	0,917
7	4	22	26	0,083	0,944
8	4	26	30	0,055	0,042
9	2	30	32	0,958	0,567
10	3	32	35	0,433	0,167
11	2	35	37	0,833	0,618

Т а б л и ц а В.8д — Частота дискретизации 44,1 кГц, короткие блоки

Номер *sb*	*cbw*	*bu*	*bo*	*w1*	*w2*
0	2	0	3	1,000	0,167
1	2	3	5	0,833	0,833
2	3	5	8	0,167	0,500
3	3	8	11	0,500	0,167
4	4	11	15	0,833	0,167
5	5	15	20	0,833	0,250
6	3	20	23	0,750	0,583
7	4	23	27	0,417	0,055
8	3	27	30	0,944	0,375
9	3	30	33	0,625	0,300
10	3	33	36	0,700	0,167
11	2	36	38	0,833	1,000

Т а б л и ц а В.8е — Частота дискретизации 32 кГц, короткие блоки

Номер *sb*	*cbw*	*bu*	*bo*	*w1*	*w2*
0	2	0	3	1,000	0,167
1	2	3	5	0,833	0,833
2	3	5	8	0,167	0,500
3	3	8	11	0,500	0,167
4	4	11	15	0,833	0,167
5	5	15	20	0,833	0,250

Окончание таблицы В.8е

Номер *sb*	*cbw*	*bu*	*bo*	*w1*	*w2*
6	4	20	24	0,750	0,250
7	5	24	29	0,750	0,055
8	4	29	33	0,944	0,375
9	4	33	37	0,625	0,472
10	3	37	40	0,528	0,937
11	1	40	41	0,062	1,000

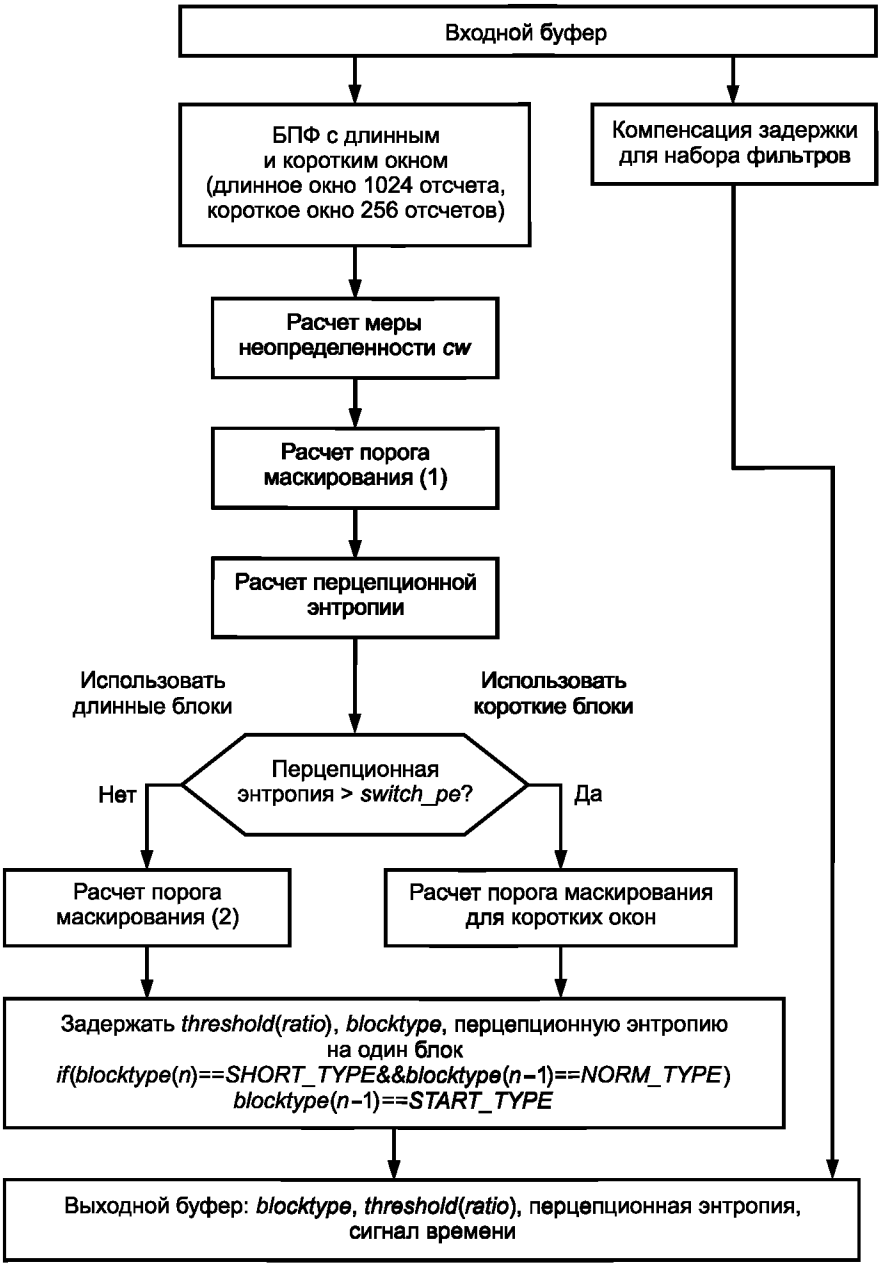


Рисунок В.6а — Блок-схема психоакустической модели 2. Уровень III: вычисление порога маскирования

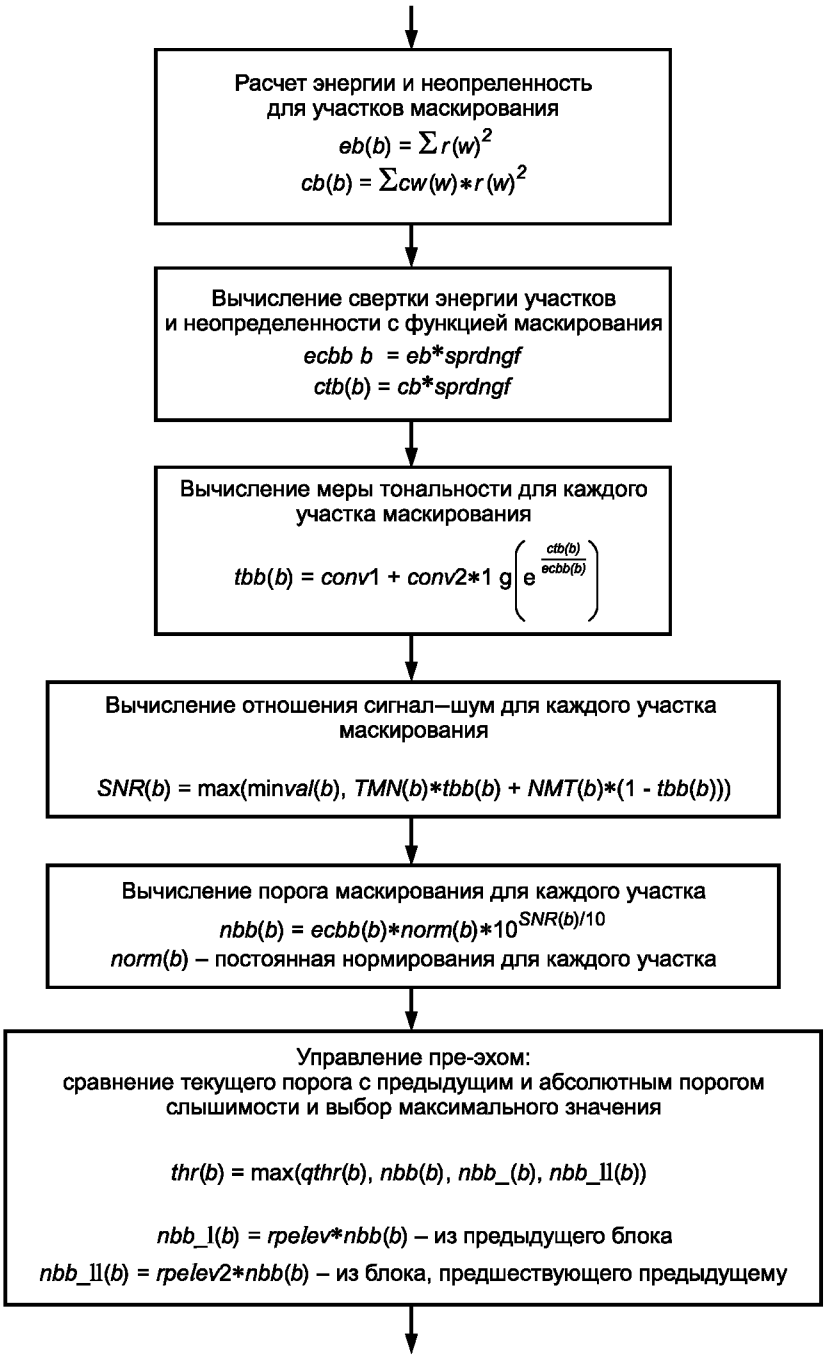


Рисунок В.6б — Блок-схема психоакустической модели 2. Уровень III: вычисление порога маскирования (часть 1)

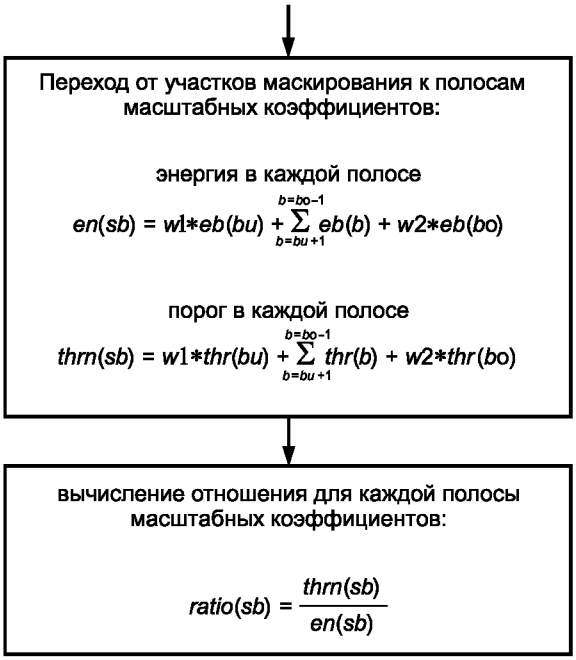


Рисунок В.6в — Блок-схема психоакустической модели 2. Уровень III: вычисление порога маскирования (часть 2)

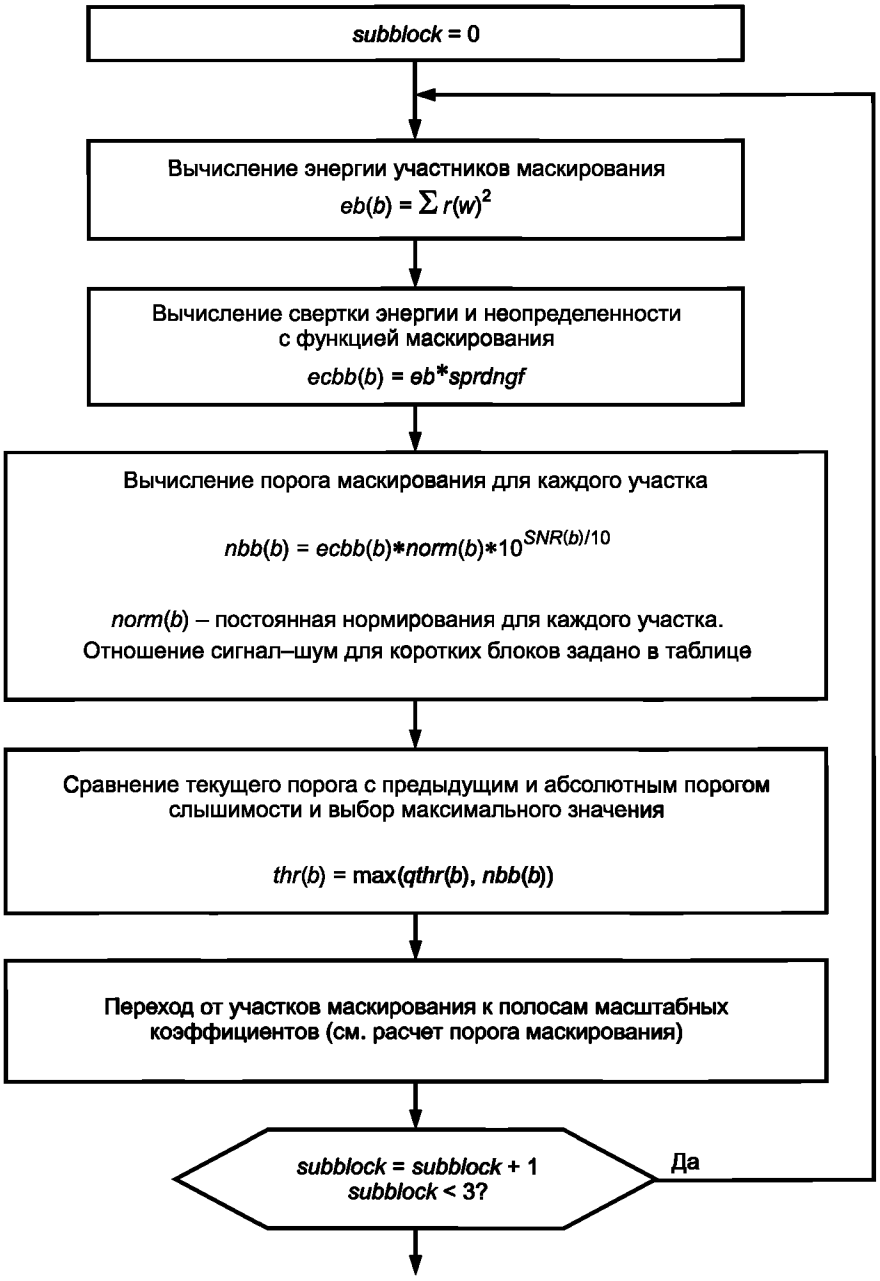


Рисунок В.6.г — Блок-схема психоакустической модели 2. Уровень III: вычисление порога маскирования для коротких блоков

10. Решение о переключении окна

Решение о переключении набора фильтров на короткие окна принимается на основе порога маскирования, вычисленного из оценки психоакустической энтропии (*pe*). Переключение происходит, если *pe* превышает значение 1800. Если это условие выполняется, запускается последовательность из стартового (block_type=1), короткого (block_type=2), короткого и стопового (block_type=3) блоков. На рисунке В.7 показаны возможные состояния логики переключения окон.

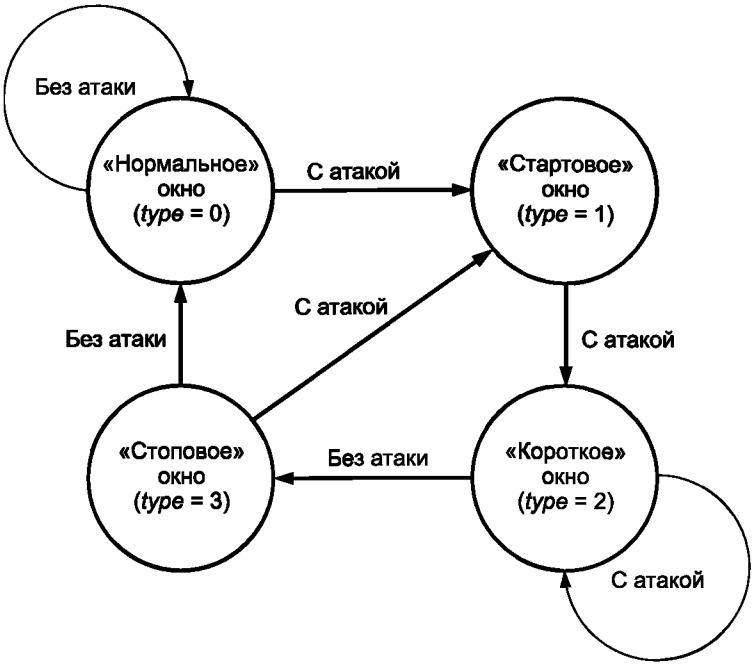


Рисунок В.7 — Граф переключения окон

В.1.5.3.3 Гибридный набор фильтров анализа

Субполосная фильтрация с помощью полифазного набора фильтров описывается в пункте В.1.3. Данные с выхода субполосного фильтра поступают на блок МДКП. В зависимости от данных на выходе психоакустической модели (переменные blocksplit_flag и block_type) выбирается тип окна (нормальное, стартовое, короткое, стоповое) и тип преобразования.

18 последовательных выходных значений одной гранулы и 18 выходных значений предыдущей гранулы объединяются в один блок из 36 отсчетов.

Тип блока «нормальный»

$$z_i = x_i \sin\left(\frac{\pi}{36}\left(i+\frac{1}{2}\right)\right) \quad \text{для i = 0...35}$$

Тип блока «стартовый»

$$z_i = \begin{cases} x_i \sin\left(\frac{\pi}{36}\left(i+\frac{1}{2}\right)\right), & i = 0...17 \\ x_i, & i = 18...23 \\ x_i \sin\left(\frac{\pi}{12}\left(i-18+\frac{1}{2}\right)\right), & i = 24...29 \\ 0, & i = 30...35 \end{cases}$$

Тип блока «стоповый»

$$z_i = \begin{cases} 0, & i = 0...5 \\ x_i \sin\left(\frac{\pi}{12}\left(i-6+\frac{1}{2}\right)\right), & i = 6...11 \\ x_i, & i = 12...17 \\ x_i \sin\left(\frac{\pi}{36}\left(i+\frac{1}{2}\right)\right), & i = 18...35 \end{cases}$$

Тип блока «короткий»

Блок из 36 отсчетов делится на три перекрывающихся блока:

$$y_i^{(0)} = x_{i+6}, \quad i = 0...11$$
$$y_i^{(1)} = x_{i+12}, \quad i = 0...11$$
$$y_i^{(2)} = x_{i+18}, \quad i = 0...11$$

Каждый из трех блоков отдельно умножается на окно:

$$z_i^{(k)} = y_i^{(k)} \sin\left(\frac{\pi}{12}\left(i+\frac{1}{2}\right)\right) \quad i = 0\ldots11,\ k = 0\ldots2$$

МДКП:

В следующем выражении n — количество взвешиваемых в окне отсчетов. Для коротких блоков n = 12, для длинных блоков n = 36. Аналитическое выражение для МДКП:

$$x_i = \sum_{k=0}^{n-1} z_k \cos\left(\frac{\pi}{2n}\left(2k+1+\frac{n}{2}\right)(2i+1)\right) \quad i = 0\ \ldots\ n/2-1$$

Анти-элайзинговая «бабочка» в кодере:

Процедура устранения элайзинга в кодере аналогична той, которая выполняется в декодере. «Бабочка», которая используется в кодере, показана на рисунке В.8. Коэффициенты cai и csi приведены в таблице Б.9.

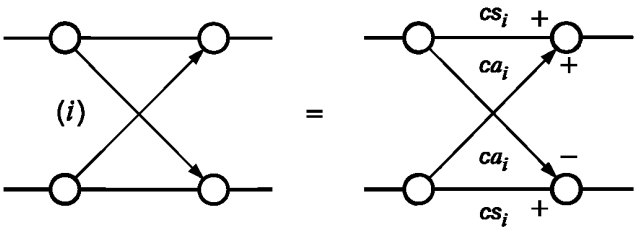


Рисунок В.8 — «Бабочка» в кодере

В.1.5.3.4 Расчет среднего количества доступных битов

Среднее количество битов на гранулу определяется длиной кадра. Скорость передачи 64 кбит/с используется для примера. При скорости передачи 64 кбит/с при 48 000 отсчетах в секунду

$$\left(64\ 000 * (1152/48000)\ \text{битов на кадр}\right)/\left(2\ \text{гранулы на кадр}\right) = 768\ \text{битов на гранулу}.$$

Поскольку заголовок занимает 32 бита и служебная информация занимает 17 байтов (136 битов) в *single_channel* режиме, то среднее количество доступных битов для *main_data* для гранулы равно

$$mean_bits = 768\ \text{битов на гранулу} - \left(32 + 136\ \text{битов на кадр}\right)/\left(2\ \text{гранулы на кадр}\right) = 684\ \text{бита на гранулу}.$$

Резервуар битов может обеспечить дополнительные биты, которые могут использоваться для гранулы. Количество дополнительных битов определяется внутри цикла.

В.1.5.3.5 Квантование и кодирование коэффициентов преобразования

Коэффициенты преобразования квантуются и кодируются внутри двух вложенных итеративных циклов. Пункт В.1.5.4 содержит подробное описание этих итеративных циклов.

В.1.5.3.6 Дополнительные данные

Стандарт аудио предусматривает биты для включения и передачи дополнительных данных переменной длины в аудиопотоке. Наличие дополнительных данных сокращает количество битов, доступных для аудио, что может привести к ухудшению качества звука.

Присутствие в дополнительных данных последовательности битов, совпадающих с синхропоследовательностью, может препятствовать синхронизации. Эта проблема наиболее вероятна при использовании свободного формата.

В.1.5.3.7 Форматирование

Форматирование кодовых слов Хаффмана описывается ниже.

Слова кода Хаффмана следуют друг за другом от нижних до верхних частот. В итеративных циклах следующие переменные должны быть вычислены для использования при кодировании Хаффмана:

is(i), i =*0… 575*	квантованные значения коэффициентов преобразования
table_select [*region*]	таблица кода Хаффмана, используемая для областей (*region* = 0, 1, 2)
*region_adress*1	определяет границу между областью 0 и 1
*region_adress*2	определяет границу между областью 1 и 2
max_*value* [*region*]	максимальное абсолютное значение квантованных данных в областях (*region* = 0, 1, 2)

Данные помещаются в поток битов согласно синтаксису кода Хаффмана.
Фактический блок кода Хаффмана для *big_values* части описывается на псевдоязыке высокого уровня:

for номер области от 0 до 2
if table_select для этой области равен 0, то все значения в области нулевые
else
if table_select для этой области > 15
используется ESC-таблица: поиск значения *linbits*, связанного с используемой таблицей
for i от начала до конца области, счет по парам
$x = is(i)$, $y = is(i+1)$
if x > 14
linbitsx = *x* — 15, *x* = 15
end if
signx = *sign*(*x*), *x* = *abs* (*x*)
if y > 14
linbitsy = *y* — 15, *y* = 15
end if
signy = *sign*(*y*), *y* = *abs* (*y*)
искать кодовую комбинацию = *hcod* ([*x*] [*y*]) в таблице *table_select*
записать *hcod*([*x*] [*y*]), начиная с крайнего левого бита, количество битов *hlen* ([*x*] [*y*])
if x > 14
записать *linbitsx* в поток битов, количество битов *linbits*
end if
if x! = 0
записать *signx* в поток битов
end if
if y > 14
записать *linbitsy* в поток битов, количество битов *linbits*
end if
if y! = 0
записать *signy* в поток битов
end if
end do
else
ESC-комбинации не используются в этой области:
for i от начала области до конца области, счет по парам
$x = is(i)$, $y = is(i+1)$
signx = *sign* (*x*), *x* = *abs* (*x*)
signy = *sign* (*y*), *y* = *abs* (*y*)
искать кодовую комбинацию = *hcod* ([*x*] [*y*]) в таблице *table_seletct*
записать *hcod* ([*x*] [*y*]), начиная с крайнего левого бита, количество битов *hlen* ([*x*] [*y*])
if x! = 0
записать *signx* в поток битов
end if
if y! = 0
записать *signy* в поток битов
end if
end do
end if
end if
end for

Возможный вариант использования *private_bits* в качестве счетчика фреймов.

B.1.5.4 Итеративные циклы на Уровне III

B.1.5.4.1 Введение

Описание цикла Уровня III подразделяется на три уровня. Верхний уровень вызывают программой фреймового цикла. Эта подпрограмма вызывает подпрограмму «внешний итеративный цикл», который вызывает подпрограмму «внутренний итеративный цикл». Для каждого уровня ниже показана соответствующая блок-схема (Рисунки B.9а, B.9б, B.9в).

Внутри цикла входной вектор коэффициентов преобразования квантуется в итеративном процессе в соответствии с несколькими требованиями. Во внутреннем цикле квантуется входной вектор, и увеличивается размер шага квантователя до тех пор, пока выходной вектор не может быть кодирован с доступным числом битов. После завершения внутреннего цикла во внешнем цикле проверяются искажения в каждой полосе масштабных коэффициентов, и если допустимый уровень искажений превышен, то происходит усиление полосы масштабных коэффициентов и снова вызывается внутренний цикл.

На вход цикла Уровня III поступают:

а) вектор амплитуд коэффициентов преобразования *xr* (0… 575);

б) *xmin*(*sb*) — вектор допустимых уровней искажений в полосах масштабных коэффициентов:

xmin = *ration*(*sb*) * *en* (*sb*)/*bw*(*sb*);

в) *window_switching_flag* — вместе с *mixed_block_flag* и *block_type* определяет количество полос масштабных коэффициентов;

г) *mean_bits* — (биты, доступные для кодирования методом Хаффмана и кодирования масштабных коэффициентов);

д) *more_bits* — количество битов в дополнение к среднему числу битов, требуемых из психоакустической энтропии для гранулы:

more_bits = 3,1 * *pe* — среднее число битов.

На выходе цикла Уровня III имеются:

а) вектор квантованных значений *ix* (0… 575);

б) *scalefac_l*(*sb*) или *scalefac_s*(*sb*) в зависимости от *window_switching_flag*, *block_type* и *mixed_block_flag*;

в) *global_gain* (информация о размере шага квантователя):

global_gain = *qquant* + *system_constant;*

system_constant включает все операции масштабирования кодера и смещение для достижения корректного вывода процесса декодирования, описанного в основной части;

г) число неиспользованных битов, доступных для дальнейшего использования;

д) *preflag* (предкоррекция в циклах вкл/выкл);

е) информация о коде Хаффмана:

- *big_values* (число пар Хафмана, исключая «*count1*»);
- *count1table_select* (таблица значений кода Хаффмана, по модулю <= 1 в верхней части спектра);
- *table_select* [0… 2] (таблица областей кода Хаффмана);
- *region*0*_count*, *region*1*_count* (используется для расчета границ между областями);
- *part 2_3_length.*

В.1.5.4.2 Предварительные шаги

В.1.5.4.2.1 Сброс всех переменных цикла

Масштабные коэффициенты разделов *scalefac_l*[*sb*] или *scalefac_s*[*sb*] обнуляются.

Счетчик *qquant* размера шага квантователя сбрасывается в ноль.

Preflag сбрасывается в ноль.

Scalefac_scale сбрасывается в ноль.

Начальное значение *quantanf* устанавливается следующим образом:

quantanf = *system_const* * *ln*(*sfm*),

где *sfm* — мера пологости спектра, и *quantanf* зависит от программной реализации кодера.

Мера пологости спектра *sfm*

$$sfm = \frac{e^{\frac{1}{n}\left(\sum_{i=0}^{n-1} \log xr(i)^2\right)}}{\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1} xr(i)^2}.$$

Значение *system_const* выбирается так, чтобы для всех сигналов первая итерация внутреннего цикла возвращала суммарное количество битов, превышающее требуемое. Этим обеспечивается получение после первого внутреннего цикла результата, при котором используется столько доступных битов, сколько возможно. Для продолжительности вычисления желательно минимизировать число итераций путем адаптирования значения *quantanf* к скорости передачи и сигнальной статистике.

В.1.5.4.2.2 Управление резервуаром битов

Если для кодирования одной гранулы требуется количество битов меньшее, чем *mean_bits*, то отставшиеся биты сохраняются в резервуаре. Если биты сохраняются для фрейма, значение *main_data_end* соответственно увеличивается (см. рисунок А.7а).

Количество битов, доступными для *main_data* (называемое *max_bits*), получается из фактической оценки порога (*pe* на основе психоакустического расчета), среднего количества битов (*mean_bits*) и фактического содержимого резервуара. Число байтов в резервуаре указывается *main_data_end*.

Правила для управления резервуаром битов:

- если количество байтов, доступных во внутреннем итеративном цикле, не используется для кодирования методом Хаффмана или другим *main_data*, то оно добавляется к резервуару битов;

- если резервуар битов более чем на 80 % превышает максимальный допустимый объем резервуара, все байты, превышающие этот объем, делаются доступными для *main_data* (в дополнение к *mean_bits*);

- если *more_bits* больше чем 100 битов, то max(*more_bits*/8, 0,6**main_data_end*) байтов берутся из резервуара битов и делаются доступными для *main_data* (в дополнение к *mean_bits*);

- после того как вычисления внутри циклов были завершены, число байтов, не используемых для *main_data*, добавляется к резервуару битов;

- если после предыдущего шага число байтов в резервуаре превышает максимально допустимый объем, то к потоку добавляются биты стаффинга и содержимое резервуара битов соответственно корректируется.

В.1.5.4.2.3 Вычисление информации о выборе масштабных коэффициентов (*scfsi*)

В *scfsi* содержится информация о том, какие масштабные коэффициенты (сгруппированные в *scfsi_bands*) первой гранулы могут быть использованы для второй гранулы. Указанные масштабные коэффициенты не передаются и полученные за их счет биты могут использоваться для кодирования методом Хаффмана.

Чтобы определить использование *scfsi*, о каждой грануле должна храниться следующая информация:

а) тип блока;

б) суммарная энергия гранулы

$$en_tot = \text{int}\left\{\log_2\left(\sum_{i=1}^{n}\left|xr(i)\right|^2\right)\right\},$$

где n — количество спектральных значений;

в) энергия каждой полосы масштабных коэффициентов

$$en(sb) = \text{int}\left\{\log_2\left(\sum_{i=lb1(sb)}^{lb1(sb)+bw(sb)-1}\left|xr(i)\right|^2\right)\right\},$$

где $lbl(sb)$ — номер первого коэффициента, принадлежащего полосе масштабного коэффициента sb; $bw(sb)$ — количество коэффициентов в полосе масштабного коэффициента sb;

г) допустимый уровень искажений для каждой полосы

$$xm(sb) = \text{int}\left\{\log_2\left(x\min(i)\right)\right\},$$

$x\min(sb)$ вычисляется с помощью психоакустической модели.

Масштабные коэффициенты первой гранулы передаются всегда. При кодировании второй гранулы сравнивается информация об этих двух гранулах. Существует четыре критерия возможности использования общего *scfsi*. Если один из четырех критериев не выполняется, *scfsi* отключается (*scfsi* устанавливается в 0 во всех *scfsi_bands*). Указанными критериями являются (индекс 0 соответствует первой грануле, индекс 1 — второй):

а) существование спектральных значений, отличных от нуля;

б) отсутствие в гранулах коротких блоков;

в) $|en_tot0 - en_tot1| < en_totkrit$;

г)

$$\sum_{all\ scalefactor\ bands}\left|en(sb)_0 - en(sb)_1\right| < en_dif_{krit}.$$

Если *scfsi* не отключается после проверки этих условий, то используются еще два критерия для каждого *scfsi_band*, причем, для включения *scfsi* (то есть установки 1 в этой *scfsi_band*) оба эти условия должны быть выполнены:

а)

$$\sum\left|en(sb)_0 - en(sb)_1\right| < en(scfsi_band)_{krit}$$

б)

$$\sum\left|xm(sb)_0 - xm(sb)_1\right| < xm(scfsi_band)_{krit}.$$

Константы (с индексом *krit*) должны быть выбраны так, чтобы *scfsi* включался в случае близости значений энергии/искажений.

Рекомендованные значения:

en_tot_{krit} =10,

en_dif_{krit} =100,

en (*scfsi_band*)*krit* =10 для каждой *scfsi_band,*

xm (*scfsi_band*)*krit* =10 для каждой *scfsi_band.*

В.1.5.4.3 Внешний итеративный цикл (цикл управления искажениями)

Внешний итеративный цикл управляет шумами квантования, которые возникают из-за квантования частотных линий в пределах внутреннего итеративного цикла. Шум окрашивается путем умножения линий в пределах полос масштабных коэффициентов на масштабные коэффициенты перед квантованием. Следующий псевдокод иллюстрирует этот процесс:

do для каждой полосы масштабных коэффициентов;

do от нижнего до верхнего индекса *i* полосы

$$xr(i) = xr(i) * \sqrt{(2)}\,\hat{}\,\left((1 + scalefac_scale) * scalefac(sb)\right)$$

end do

end do,

где *scalefac* — либо *scalefac_1*, либо *scalefac_s*.

На практике умножение выполняется с приращением путем увеличения масштабных коэффициентов, используемых в каждом цикле управления искажением. Это описывается ниже в В.1.5.4.3.5.

Цикл управления искажениями всегда начинается с *scalefac_scale* = 0. Если после нескольких итераций максимальная длина поле масштабных коэффициентов превышена, то *scalefac_scale* увеличивается до значения 1, тем самым достигается увеличение возможного динамического диапазона масштабных коэффициентов. В этом случае значения масштабных коэффициентов и частотных линий должны быть соответственно скорректированны.

В.1.5.4.3.1 Сохранение масштабных коэффициентов

Масштабные коэффициенты всех полос, *scalefac_l*(*sb*) или *scalefac_s*(*sb*), и размер шага квантователя *qquant* должны быть сохранены. Если вычисление внешнего цикла прервано без достижения надлежащего результата, эти значения вместе с квантованным спектром дают приближение и могут быть переданы.

В.1.5.4.3.2 Вызов внутреннего итеративного цикла

Для каждого внешнего итеративного цикла (цикл управления искажениями) вызывается внутренний итеративный цикл (цикл управления скоростью потока). Параметрами являются масштабированные значения в частотной области (выход гибридного набора фильтров) и количество битов, доступных в цикле управления скоростью. Результатом является количество используемых битов и квантованные частотные линии *ix*(*i*).

В.1.5.4.3.3 Расчет искажений в полосах масштабных коэффициентов

Для каждой полосы масштабных коэффициентов значение искажения рассчитывается по формуле

$$xfsf(sb) = \sum_{lb1(sb)}^{i=lb1(sb)+bw(sb)-1} \frac{\left(|xr(i)| - ix(i)^{4/3}\sqrt[4]{2^{gguant+guantanf}}\right)^2}{bandwidth(sb)},$$

где *lb*1(*sb*) — номер коэффициента, соответствующего самой низкой частоте полосы; bw(sb)— количество коэффициентов в этой полосе.

В.1.5.4.3.4 Предкоррекция

Опция «предкоррекция» (включаемая установкой preflag в значение 1) обеспечивает возможность усиления верхней части спектра в соответствии с таблицам предкоррекции.

```
if (preflag==l) {
    ifqstep:= 2^(0,5*(l+scalefac_scale))
    xmin(j) = xmin(j) *ifqstep^(2*prefact(j))
    for (i=lower limit of scalefactor band j; i <=upper limit of scalefactor band j; i++) {
        xr(i) = xr(i) * ifqstep^prefact(j)
    }
}
```

Условие включения предкоррекции зависит от конкретной реализации. Например, предкоррекция может включаться, если во всех верхних четырех полосах масштабных коэффициентов искажения превышают порог после первого вызова внутреннего цикла.

Если кодируется вторая гранула и *scfsi* активно по крайней мере в одной *scfsi_band*, предкоррекция во второй грануле устанавливается такой же, как и для первой гранулы.

В.1.5.4.3.5 Усиление полос масштабных коэффициентов с искажениями, превышающими порог маскирования

Все спектральные значения полос масштабных коэффициентов, в которых искажения превышают допустимое значение, усиливаются множителем *ifqstep*. Значение ifqstep передается в *scalefac_scale*.

```
if ((xmin — xfsf) of scalefactor band j < 0) {
    xmin(j) = xmin(j) * ifqstep^2
    ifq(j) = ifq(j) + 1
    for (i=lower limit of scalefactor band; i <=upper limit of scalefactor band; i++) {
        xr(i) = xr(i) * ifqstep
    }
}
```

Если кодируется вторая гранула и *scfsi* активно по крайней мере в одной *scfsi_band*, должны быть сделаны следующие шаги:

а) *ifqstep* должен быть установлен как и в первой грануле;

б) если это первая итерация, то масштабные коэффициенты полос, для которых включен *scfsi*, должны быть взяты из первой гранулы. Соответствующие спектральные значения должны быть усилены:

```
if ((scfsi according to scalefactor band j == 1) {
    ifq(j) = ifq(j)first granule
    for (i=lower limit of scalefactor band; i <=upper limit of scalefactor band; i++) {
        xr(i) = xr(i) * ifqstep ^ scalefac(j)
    }
}
```

где *scalefac* либо *scalefac_*1(), либо *scalefac_*s();

в) если это не первая итерация, полосы, для которых *scfsi* включено, не должны быть усилены.

В.1.5.4.3.6 Условия для завершения обработки циклов

Обычно обработка циклов завершается, если больше нет ни одной полосы с искажениями, превышающими порог. Однако это не всегда достижимо. Тогда используют другие условия, позволяющие завершить внешний цикл, если:

а) все полосы масштабных коэффициентов уже усилены;

б) усиление по крайней мере в одной полосе превышает верхний предел, который определяется форматом передачи масштабных коэффициентов.

Верхним пределом являются масштабный коэффициент 15 для полос с 0 по 10 и масштабный коэффициент 7 для полос с 11 по 20. В случае *block_type* == 2 и *mixed_block_flag* == 0 верхний предел равен 15 для полос с 0 по 18. В случае *block_type* == 2 и *mixed_block_flag* == 1 верхний предел равен 15 для полос с 0 по 17. Для остальных верхний предел масштабных коэффициентов равен 7.

Выполнение цикла прекращается, и выходом является *scalefac*_1 (*sb*) или *scalefac_s* (*sb*) вывод. В случае реализации в реальном времени может присутствовать третье условие, которое завершает циклы при нехватке вычислительного времени.

В.1.5.4.4 Внутренний итеративный цикл (цикл управления скоростью)

Во внутреннем итеративном цикле выполняется квантование данных частотной области, которые затем подготавливаются к форматированию. Здесь происходит выбор таблицы, разделение диапазона *big_values* на области и выбор шага квантователя.

В.1.5.4.4.1 Квантование

Квантование вектора спектральных значений выполнятеся согласно уравнению:

$$ix(i) = \text{nint}\left(\left(\frac{|xr(i)|}{\sqrt[4]{2^{gguant+guantanf}}}\right)^{0,75} - 0,0946\right).$$

В.1.5.4.4.2 Проверка максимума квантованных значений

Существует предел по максимально допустимому квантованному значению. Этот предел устанавливается для ограничения размера таблицы при ее использовании для перекванторования частотных линий. Предел задается в виде допустимых значений идентификатора длины *linbits* значений, отмеченных с помощью кода *ESC*. Поэтому перед подсчетом битов шаг квантователя увеличивается

qquanl = *qquant*+1,

пока максимум квантованных значений находится в пределах диапазона самой большой кодовой таблицы Хаффмана.

В.1.5.4.4.3 Вычисление количества нулевых значений

Значению rzero присваивается количество пар спектральных коэффициентов в верхней части спектра, после квантования оказавшихся равными нулю.

В.1.5.4.4.4 Вычисление количества значений меньших или равных 1

Значению *count*1 присваивается количество четверок спектральных коэффициентов, после квантования оказавшихся равными нулю или единице, следующих за парами нулей *rzero*.

В.1.5.4.4.5 Подсчет битов, необходимых для кодирования значений меньших или равных 1

Для кодирования одной из четверок *count*1 используется одно слово кода Хаффмана. Имеется два различных кодовых словаря Хаффмана с соответствующими таблицами длины кода (таблицы Б 7). Количество битов, необходимых для кодирования всех *count*l четверок, определяется формулой:

*bitsum_count*1 = min (*bitsum_table*0, *bitsum_table*1),

где *count*1*table*_0 используется, чтобы указать на таблицу А

$$bitsum_table0 == \sum_{k=firstcountl}^{k=firstcountl+countl-1} countltable_0\left(ix(4k) + 2*ix(4k+1) + 4*ix(4k+2) + 8*ix(4k+3)\right)$$

и *count*1*table*_1 используется, чтобы указать на таблицу В

$$bitsum_table1 == \sum_{k=firstcountl}^{k=firstcountl+countl11} countltable_1\left(ix(4k) + 2*ix(4k+1) + 4*ix(4k+2) + 8*ix(4k+3)\right)$$

*Count*1*table*_0, так же как и *count*1*table*_1, должна включать биты, необходимые для кодирования знаковых битов.

Информация о том, какая таблица используется, передается в *count*1*table_select*, которая равна 0 для таблицы А или 1 для таблицы В.

В.1.5.4.4.6 Вызов подпрограммы *SUBDIVIDE*

Пары квантованных значений, не учтенные в *count*1 или *rzero*, называются *bigvalues*. Подпрограмма *SUBDIVIDE* разбивает полосы, соответствующие этим значениям на три группы. Последняя, обычно неполная, считается полной. Количество полос в первой и второй областях содержится в (*region*0*_count*+1) и (*region*1*_count*+1) соответственно. Число полос в третьей области может быть вычислено из *bigvalues*. Стратегия разделения зависит от реализации. Для примера, самое простое решение — треть всех полос масштабных коэффициентов отнести к первой области и четверть — к последней.

Подразделение блоков выполняется аналогично, однако в этом случае есть только две подобласти. *RegionI_count* устанавливается в значение по умолчанию. Это значение равно 8 в случае *split_point*=0 и 9 в случае *split_point*=I. Оба значения указывают на ту же самую абсолютную частоту.

В.1.5.4.4.7 Вычисление кодового словаря для каждой подобласти

Имеется 32 различные кодовых таблицы Хаффмана, которые доступны для кодирования пар квантованных значений. Они отличаются друг от друга максимальным значением, которое может быть кодировано и статистикой сигнала, для которой они оптимизированы. В таблицах содержатся только коды со значениями меньше 16. Для значений >=16 используются две таблицы, где максимальное значение 15 является символом *ESC*. В этом случае значение 15 кодируется в дополнительном слове с использованием линейного *ИКМ* с длиной слова *linbits*.

Простой способ выбора таблицы состоит в том, чтобы использовать максимум квантованных значений подобласти. Таблицы одинакового размера оптимизируются для различной сигнальной статистики.

В.1.5.4.4.8 Подсчет битов, необходимых для кодирования значений в субобластях

Количество битов, необходимых для кодирования квантованных значений субобласти, определяется по формуле:

$$bitsum(j) = \sum_{k=0}^{k=np(j)-1} bitz\Big(tableselect(j), \min\big(15,\ ix\big(2k + fe(j)\big)\big)\min\big(15,\ ix\big(2k + fe(j) + 1\big)\big)\Big) +$$

$$+ \sum_{k=0}^{k=np(j)-1} \Big(s\big(ix\big(2k + fe(j)\big) - 15\big) + s\big(ix\big(2k + fe(j) + 1\big) - 15\big)\Big) * linbits(j)$$

где $np(j)$ — число пар в подобласти;

$fe(j)$ — номер первого квантованного значения в подобласти;

bitz — таблица с длиной кода Хаффмана;

$s(...)$ — ступенчатая функция: если $x >= 0$ $s(x) = 1$;

если $x < 0$ $s(x) = 0$.

Следует обратить внимание на то, что в таблицы длины кода Хаффмана должно быть включено количество битов, необходимое для кодирования знаковых битов.

Циклы итерации Уровеня III показаны на рисунках В.9а, В.9б, В.9в.

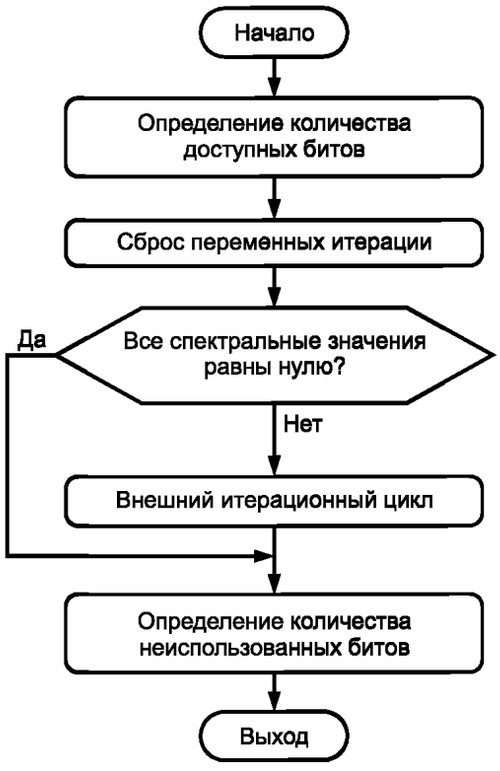


Рисунок В.9а –Цикл итерации. Уровень III.

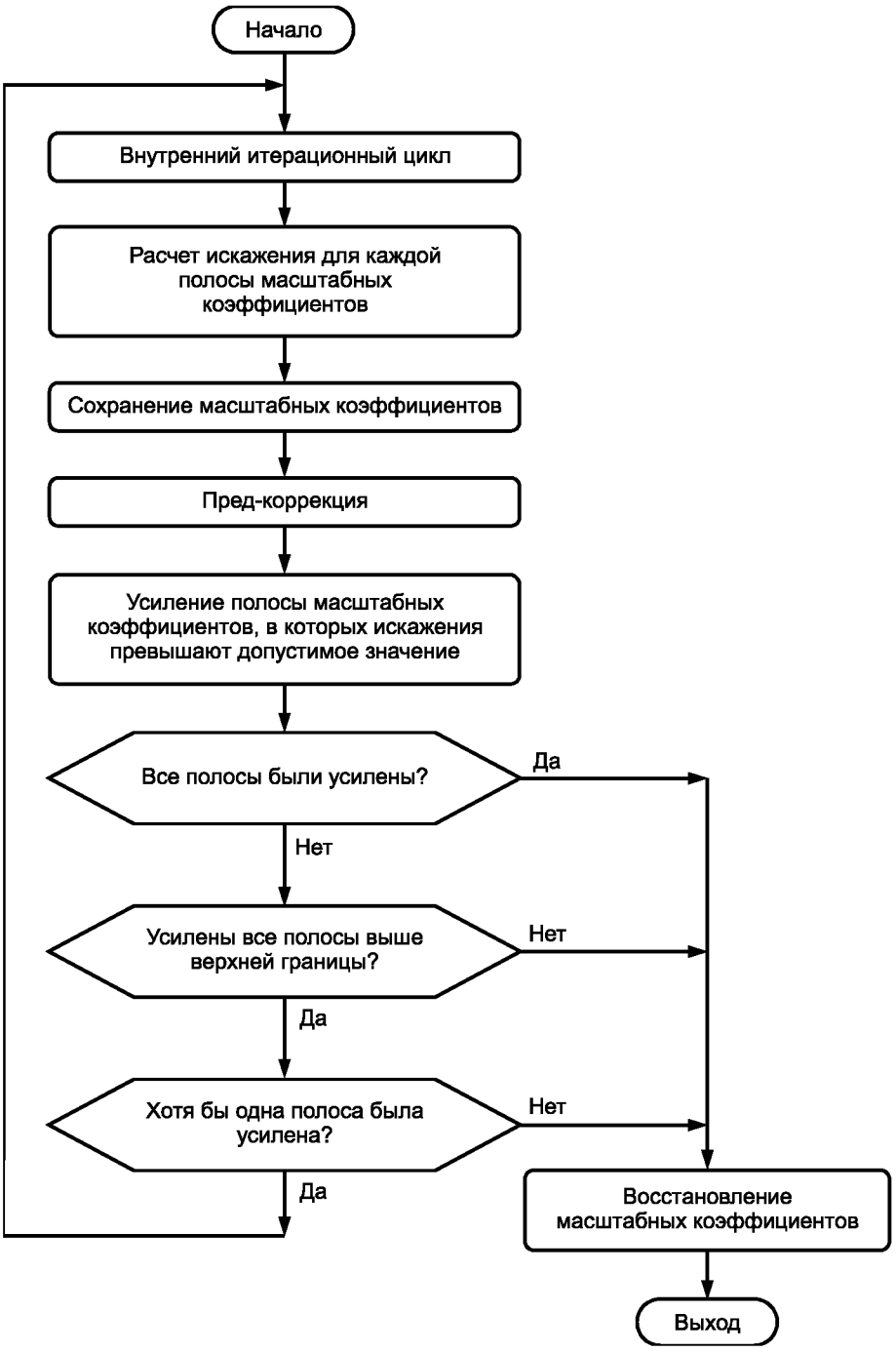


Рисунок В.9б – Внешний цикл итерации. Уровень III

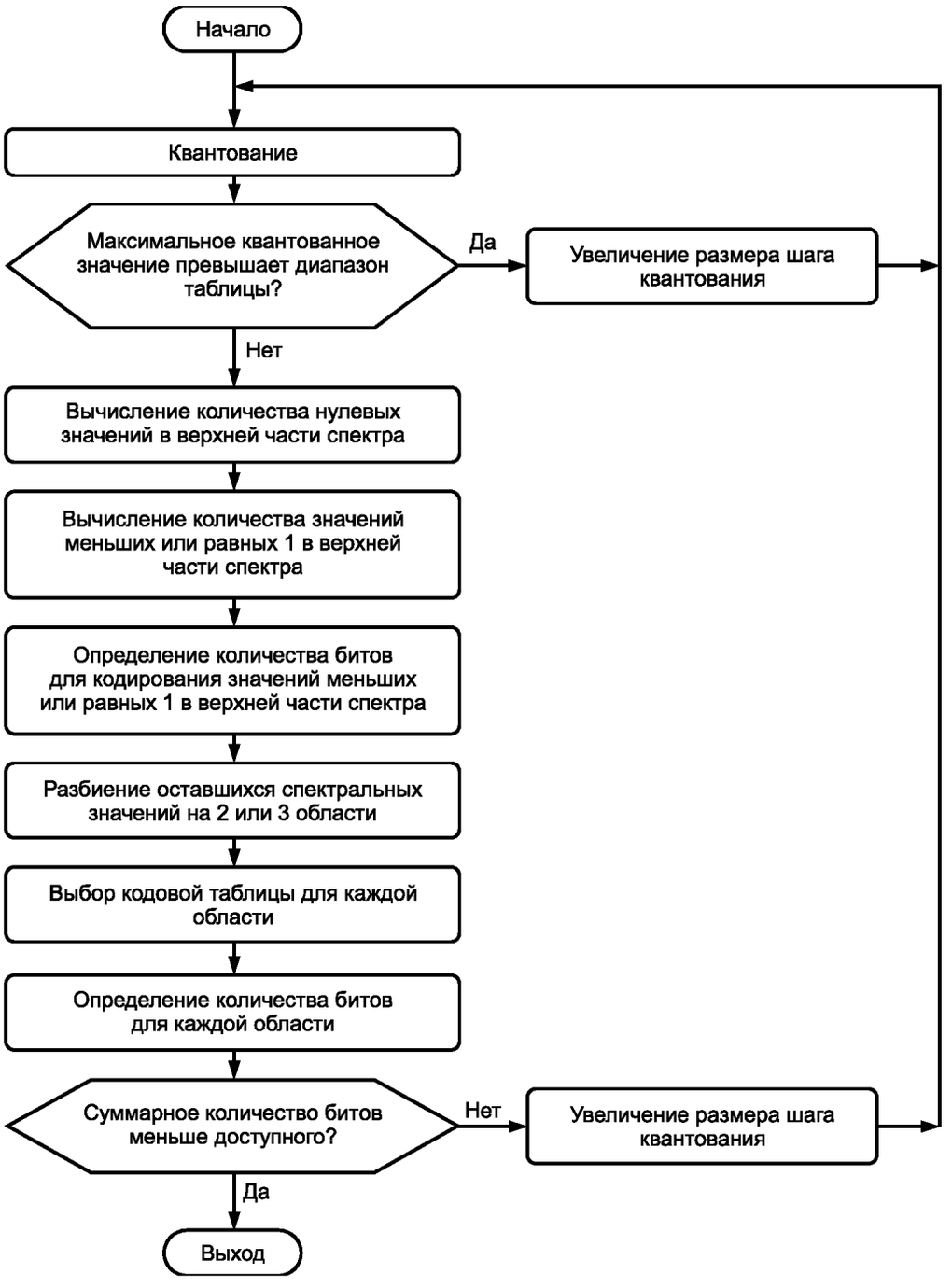


Рисунок В.9в –Внутренний цикл итерации. Уровень III

Приложение Г
(обязательное)

Психоакустические модели

Г.1 Психоакустическая модель 1

Нет никакого принципиального различия в использовании психоакустической модели 1 в Уровне I или II.

Уровень I: процедура распределения битов выполняется для каждого блока из 12 субполосных или 384 входных ИКМ-отсчетов.

Уровень II: процедура распределения битов выполняется для трех блоков с общим количеством субполосных отсчетов, равным 36, соответствующих 3*384 (1152) входным ИКМ-отсчетам.

Распределение битов между 32 субполосами вычисляется на основе отношения сигнал-маска в этих субполосах. Поэтому для каждой субполосы необходимо определить максимальный уровень сигнала и минимальное значение порога маскирования. Минимальное значение порога маскирования определяется из БПФ входного ИКМ сигнала, сопровождаемого психоакустическим расчетом.

БПФ параллельно с субполосной фильтрацией компенсирует слабую частотную селективность набора полосовых фильтров в нижней части звукового диапазона. Этот метод обеспечивает как приемлемое временное разрешение для кодирования звукового сигнала (набор полифазных фильтров с оптимизированным окном для минимального пре-эха), так и приемлемое частотное разрешение для вычисления порогов маскирования. Определяются частоты и уровни интерференционных искажений. Это необходимо для того, чтобы вычислить минимальную скорость передачи для тех субполос, которые нуждаются в дополнительных битах, чтобы устранить заметность интерференционных искажений в декодере. Дополнительные сложности, вызванные необходимостью получения улучшенной разрешающей способности по частоте, необходимы только в кодере и не вызывают дополнительной задержки в кодере или усложнения его алгоритма.

Вычисление отношения сигнал-маска состоит из девяти шагов:

1 вычисление БПФ для частотного преобразования;

2 определение уровня звукового давления в каждой субполосе.

3 определение абсолютного порога слышимости;

4 обнаружение тональных (близких к синусоиде) и нетональных (близких к шуму) компонентов аудиосигнала;

5 прореживание маскеров в целях оставить только значащие;

6 вычисление индивидуальных порогов маскирования;

7 вычисление глобального порога маскирования;

8 определение минимального порога маскирования в каждой субполосе;

9 вычисление отношения сигнал-маска в каждой субполосе.

Предполагается, что частота дискретизации равна 48 кГц. Для двух других частот дискретизации все указанные значения частот должны быть пересчитаны соответствующим образом.

Шаг 1. Вычисления для частотного преобразования БПФ

Порог маскирования определяется путем оценки спектральной плотности мощности, которая вычисляется путем БПФ с 512 отсчетами для Уровня I или с 1024 отсчетами для Уровня II. На вход БПФ поступают непосредственно отсчеты входного ИКМ сигнала, умноженные на оконную функцию Ханна.

Для согласования по времени распределения битов и соответствующих субполосных отсчетов ИКМ отсчеты, поступающие на вход БПФ, должны быть задержаны.

1. Задержка набора субполосных фильтров анализа равна 256 отсчетам, что соответствует 5,3 мс на частоте дискретизации 48 кГц. Сдвиг окна на 256 отсчетов необходим для компенсации задержки набора субполосных фильтров анализа.

2. Окно Ханна должно быть выровнено относительно субполосных отсчетов кадра. Для Уровня I это приводит к дополнительному сдвигу окна на 64 отсчета. Для Уровня II требуется дополнительный сдвиг окна на минус 64 отсчета.

Технические данные БПФ:

	Уровень I	Уровень II
размер преобразования	512 отсчетов	1024 отсчета
размер окна при *Fs* = 48 кГц	10,67 мс	21,3 мс
размер окна при *Fs* = 44,1 кГц	11,6 мс	23,2 мс
размер окна при *Fs* = 32 кГц	16 мс	32 мс
разрешающая способность по частоте	*sampling_frequency*/512	*sampling_frequency*/1024

- окно Ханна h(i)

$$h(i) = \sqrt{8/3} * 0{,}5 * \left\{1 - \cos\left[2 * \pi * (i)/N\right]\right\}, \; 0 \le i \le N-1$$

- спектральная плотность мощности $X(k)$

$$X(k) = 10\lg\left|\frac{1}{N}\sum_{l=0}^{N-1} h(l)*s(l)*e^{(-jkl2\pi/N)}\right|^2 \text{ дБ}, \; k = 0\ldots N/2,$$

где $s(l)$ — входной сигнал.

Нормализация к относительному уровню звукового давления 96 дБ должна быть такой, чтобы максимальное значение соответствовало 96 дБ.

Шаг 2. Определение уровня звукового давления в каждой полосе

Уровень звукового давления L_{sb} (дБ) в субполосе n вычисляется по формуле

$$L_{sb}(n) = \max\left[X(k),\ 20*\lg\left(scf_{\max}(n)*32768\right) - 10\right],$$

где $X(k)$ — уровень звукового давления спектральной линии с номером k, полученной с помощью БПФ и соответствующей максимальной амплитуде в субполосе n.

Переменная $scf_{\max}(n)$ является одним масштабным коэффициентом на Уровне I или максимумом из трех масштабных коэффициентов на Уровне II для субполосы n в пределах кадра. Наличие в выражении слагаемого –10 дБ корректирует различие между уровнем *RMS* и пиковым значением. Уровень звукового давления $L_{sb}(n)$ вычисляется для каждой субполосы n.

Следующий альтернативный метод вычисления $L_{sb}(n)$ рассчитан для лучшей производительности кодера, однако этот метод не был подвергнут формальному тесту качества звука.

Уровень звукового давления L_{sb}, дБ, в субполосе n вычисляется по формуле

$$L_{sb}(n) = \max\left[X_{spl}(n),\ 20\lg\left(scf_{\max}(n)32768\right) - 10\right],$$

где

$$X_{spl}(n) = 10\lg\left(\sum_k 10^{X(k)/10}\right),$$

где $X_{spl}(n)$ — уровень звукового давления в полосе n.

Шаг 3. Учет абсолютного порога слышимости

Значения абсолютного порога слышимости $LTq(k)$ приведены в таблицах Г.1а, Г.1б, Г.1в для Уровня I и Г.1г, Г.1д, Г.1е для Уровня II. Значения зависят от частоты дискретизации входного ИКМ сигнала и указаны для каждой спектральной линии. В зависимости от скорости передачи для абсолютного порога слышимости используется смещение, которое составляет минус 12 дБ для скоростей передачи ≥ 96 кбит/с и 0 дБ для скоростей передачи < 96 кбит/с на канал.

Шаг 4. Обнаружение тональных и нетональных компонентов аудиосигнала

Вид маскера влияет на порог маскирования. Поэтому следует различать тональные и нетональные маскеры. Для расчета глобального порога маскирования в спектре БПФ необходимо обнаружить тональные и нетональные маскеры.

Этот шаг начинается с определения локальных максимумов, из которых затем выделяются тональные маскеры (синусоиды) и вычисляются интенсивности нетональных маскеров в пределах критической полосы. Границы критических полос даны в таблицах Г.2а, Г.2б, Г.2в для Уровня I и Г.2г, Г.2д, Г.2е для Уровня II.

Ширина критических полос меняется в зависимости от центральной частоты с шириной примерно 0,1 кГц на НЧ и с примерно 4 кГц на ВЧ. Из психоакустических экспериментов известно, что у слуха разрешающая способность по частоте на НЧ лучше, чем в более высокой области. Чтобы определить, является ли локальный максимум тональным маскером, вокруг максимума исследуется частотный диапазон *df*.

Частотные диапазоны *df*:

при частоте дискретизации 32 кГц		
Уровень I	*df* = 125 Гц	0 кГц <*f* <= 4,0 кГц
	df = 187,5 Гц	4,0 кГц <*f* <= 8,0 кГц
	df = 375 Гц	8,0 кГц <*f* <= 15,0 кГц
Уровень II	*df* = 62,5 Гц	0 кГц <*f* <= 3,0 кГц
	df = 93,75 Гц	3,0 кГц <*f* <= 6,0 кГц
	df = 187,5 Гц	6,0 кГц <*f* <= 12,0 кГц
	df = 375 Гц	12,0 кГц <*f* <= 24,0 кГц
при частоте дискретизации 44,1 кГц		
Уровень I	*df* = 172,266 Гц	0 кГц <*f* <= 5,512 кГц
	df = 281,25 Гц	5,512 кГц <*f* <= 11,024 кГц
	df = 562,50 Гц	11,024 кГц <*f* <= 19,982 кГц
Уровень II	*df* = 86,133 Гц	0 кГц <*f* <= 2,756 кГц
	df = 129,199 Гц	2,756 кГц <*f* <= 5,512 кГц
	df = 258,398 Гц	5,512 кГц <*f* <= 11,024 кГц
	df = 516,797 Гц	11,024 кГц <*f* <= 19,982 кГц

при частоте дискретизации 48 кГц

Уровень I	*df* = 187,5 Гц	0 кГц <f <= 6,0 кГц
	df = 281,25 Гц	6,0 кГц <*f* <= 12,0 кГц
	df = 562,50 Гц	12,0 кГц <*f* <= 24,0 кГц
Уровень II	*df* = 93,750 Гц	0 кГц < *f* <= 3,0 кГц
	df = 140,63 Гц	3,0 кГц < *f* <= 6,0 кГц
	df = 281,25 Гц	6,0 кГц < *f* <= 12,0 кГц
	df = 562,50 Гц	12,0 кГц < *f* <= 24,0 кГц

Для создания списка спектральных линий $X(k)$, являющихся тональными или нетональными маскерами, выполняются следующие три операции.

1 Маркировка локальных максимумов.

Спектральная линия $X(k)$ маркируется как локальный максимум, если

$X(k) > X(k-1)$ и $X(k) \geq X(k+1)$.

2 Создание списка тональных маскеров и вычисление уровня звукового давления.

Локальный максимум помещается в список тональных маскеров, если

$X(k) - X(k+j)$ >= 7 дБ,

где j выбирается согласно

Уровень I	j = –2, +2	для 2 < k < 63
	j = –3, – 2, +2, +3	для 63 <= k < 127
	j = –6,..., – 2, +2, ..., +6	для 127 <= k <= 250
Уровень II	j = –2, +2	для 2 < k < 63
	j = –3, – 2, +2, +3	для 63 <= k < 127
	j = –6,..., – 2, +2,..., +6	для 127 <= k < 255
	j = –12,..., – 2, +2, ..., +12	для 255 <= k <= 500

Если $X(k)$ является тональным маскером, то указываются следующие параметры:

- номер спектральной линии k;
- уровень звукового давления

$$X_{tm}(k) = 10\lg\left\{10^{\frac{X(k-1)}{10}} + 10^{\frac{X(k)}{10}} + 10^{\frac{X(k+1)}{10}}\right\};$$

- тональный флаг.

Затем все линии спектра в пределах исследованного частотного диапазона устанавливаются в –∞ дБ.

3 Создание списка нетональных маскеров и вычисление энергии.

Нетональные (шумовые) маскеры вычисляются из оставшихся спектральных линий. Чтобы вычислить нетональные маскеры из этих спектральных линий $X(k)$ с помощью таблиц Г.2а, Г.2б, Г.2в для Уровня I и Г.2г, Г.2д, Г.2е для Уровня II определяются критические полосы z(k). На Уровне I 23 критических полосы используются для частоты дискретизации 32 кГц, 24 критических полосы — для 44,1 кГц и 25 критических полос — для 48 кГц. На Уровне II 24 критических полосы используются для частоты дискретизации 32 кГц и 26 критических полос используются для частот дискретизации 44,1 кГц и 48 кГц. В пределах каждой критической полосы энергии спектральных линий (оставшихся после того, как тональные маскеры были обнулеваны) суммируются для получения уровня звукового давления нетонального маскера $Xnm(k)$, соответствующего рассматриваемой критической полосе.

Указываются следующие параметры:

- номер спектральной линии k, ближайшей к геометрическому среднему критической полосы;
- уровень звукового давления $Xnm(k)$, дБ;
- нетональный флаг.

Шаг 5. Прореживание маскеров в целях оставить только значащие.

Прореживание является процедурой сокращения количества маскеров, используемых для вычисления глобального порога маскирования.

1. Тональные $Xtm(k)$ или нетональные $Xnm(k)$ маскеры используются для вычисления порога маскирования, только если:

$$X_{tm}(k) >= LT_q(k) \text{ или } X_{nm}(k) >= LT_q(k).$$

В этом выражении $LT_q(k)$ является абсолютным порогом слышимости на частоте k. Эти значения даются в таблицах Г.1а, Г.1б, Г.1в для Уровня I и Г.1г, Г.1д, Г.1е для Уровня II.

2. Прореживание двух и более тональных маскеров в пределах 0,5 Барк: остается только маскер с наибольшим значением энергии, остальные маскеры удаляются из списка тональных маскеров. Для этой операции используется скользящее окно шириной 0,5 Барк.

Индекс j используется для указания на соответствующие тональные или нетональные маскеры объединенного прореженного списка.

Шаг 6. Вычисление индивидуальных порогов маскирования

Из исходных $N/2$ спектральных линий с индексом k только подмножество линий с индексом i используется для расчета глобального порога маскирования. Используемые линии даны в таблицах Г.1а, Г.1б, Г.1в для Уровня I и в таблицах Г.1г, Г.1д, Г.1е для Уровня II.

Уровень I

Из спектральных линий, соответствующих в частотной области первым шести субполосам, используются все линии. В области частот, соответствующей следующим шести субполосам, рассматривается каждая вторая спектральная линия. Наконец, в случае частот дискретизации 48 кГц и 44,1 кГц в области частот, соответствующей оставшимся субполосам, рассматривается каждая четвертая спектральная линия вплоть до 20 кГц. В случае частоты дискретизации 32 кГц в области частот, соответствующей оставшимся субполосам, рассматривается каждая четвертая спектральная линия вплоть до 15 кГц (см. также таблицы Г.1а, Г.1б, Г.1в для Уровня I).

Уровень II

Из спектральных линий, соответствующих в частотной области первым трем субполосам, используются все линии. В области частот, соответствующей следующим трем субполосам, рассматривается каждая вторая спектральная линия. В области частот, соответствующей следующим шести субполосам, рассматривается каждая четвертая спектральная линия. Наконец, в случае частот дискретизации 48 кГц и 44,1 кГц в области частот, соответствующей оставшимся субполосам, рассматривается каждая восьмая спектральная линия вплоть до 20 кГц. В случае частоты дискретизации 32 кГц в области частот, соответствующей оставшимся субполосам, рассматривается каждая восьмая спектральная линия вплоть до 15 кГц (см. также таблицы Г.1г, Г.1д, Г.1е для Уровня II).

Число линий n различно в зависимости от частот дискретизации и уровней:

частота дискретизации 32 кГц n = 108 для Уровня I, n = 132 для Уровня II

частота дискретизации 44,1 кГц n = 106 для Уровня I, n = 130 для Уровня II

частота дискретизации 48 кГц n = 102 для Уровня I, n = 126 для Уровня II

Каждому тональному и нетональному маскеру присваивается ближайшее к спектральной линии $X(k)$ значение индекса i, заданного в таблицах Г.1а, Г.1б, Г.1в для Уровня I и в таблицах Г.1г, Г.1д, Г.1е для Уровня II.

Индивидуальные пороги маскирования тональных и нетональных маскеров задаются следующим выражением:

$$LT_{tm}[z(j),z(i)] = X_{tm}[z(j)] + av_{tm}[z(j)] + vf[z(j),z(i)],$$

$$LT_{nm}[z(j),z(i)] = X_{nm}[z(j)] + av_{nm}[z(j)] + vf[z(j),z(i)],$$

где LT_{tm} и LT_{nm} — индивидуальные пороги маскирования в критической полосе z Барк маскера частоты zm, Барк (значения в дБ могут быть либо положительными, либо отрицательными);

$X_{tm}[z(j)]$ — уровень звукового давления маскера с индексом j в соответствующей критической полосе $z(j)$;

av — индекс маскирования;

vf — функция маскирования маскера $X_{tm}[z(j)]$.

Индекс маскирования av различен для тональных и нетональных маскеров (av_{tm} и av_{nm}).

Для тональных маскеров

$$av_{tm} = -1{,}525 - 0{,}275z(j) - 4{,}5\text{дБ},$$

для нетональных маскеров

$$av_{nm} = -1{,}525 - 0{,}175z(j) - 0{,}5\text{дБ}.$$

Функция маскирования vf имеет неодинаковые спады, которые зависят от расстояния в Барках до маскера:

$$dz = z(i) - z(j),$$

где i — номер спектральной линии, для которой вычисляется функция маскирования;

j — номер спектральной линии, соответствующей маскеру.

Частоты в Барках для $z(j)$ и $z(i)$ даны в таблицах Г.1а, Г.1б, Г.1в для Уровня I и в таблицах Г.1г, Г.1д, Г.1е для Уровня II.

Функция маскирования (в дБ), одинаковая для тональных и нетональных маскеров, задается выражениями:

$$vf = 17(dz + 1) - (0{,}4X[z(j)] + 6) \quad \text{для } -3 <= dz < -1 \text{ Барк},$$

$$vf = (0{,}4X[z(j)] + 6) * dz \quad \text{для } -1 <= dz < 0 \text{ Барк},$$

$$vf = -17dz \quad \text{для } 0 <= dz < 1 \text{ Барк},$$

$$vf = -(dz - 1) * (17 - 0{,}15 * X[z(j)]) - 17 \quad \text{для } 1 <= dz < 8 \text{ Барк},$$

где $X[z(j)]$ – уровень звукового давления j-го маскера, в дБ.

По причинам сложности реализации маскирование больше не учитывается (LT_{tm} и LT_{nm} устанавливаются в $-\infty$ дБ вне этого диапазона), если dz меньше минус 3 Барк, или dz больше или равно 8 Барк.

Шаг 7. Вычисление глобального порога маскирования LT_g.

Глобальный порог маскирования $LT_g(i)$ для i-й спектральной линии складывается из верхних и нижних спадов индивидуальных порогов маскирования каждого из j тональных и нетональных маскеров и из абсолютного порога слышимости $LT_g(i)$. Это также задано в таблицах Г.1а, Г.1б, Г.1в для Уровня I и в таблицах Г.1г, Г.1д, Г.1е для Уровня II. Глобальный порог маскирования находится путем суммирования значений энергий, соответствующих индивидуальным порогам маскирования и абсолютному порогу слышимости:

$$LT_g(i) = 10\lg\left(10^{\frac{LT_g(i)/10}{10}} + \sum_{j=1}^{m} 10^{LT_{tm}(z(j),z(i))/10} + \sum_{j=1}^{n} 10^{LT_{nm}(z(j),z(i))/10}\right).$$

Общее количество тональных маскеров равно m, общее количество нетональных маскеров равно n. Для заданного i диапазон j может быть уменьшен до маскеров, находящихся в пределах от –8 до +3 Барк от i. За пределами этого диапазона LT_{tm} и LT_{nm} равны $-\infty$ дБ.

Шаг 8. Определение минимального порога маскирования в каждой субполосе.

Минимальный уровень маскирования $LT_{\min}(n)$в субполосе n определяется следующим выражением:

$$LT_{\min}(n) = \min_{f(i) \text{ in subband } n}\left[LT_g(i)\right] \text{ дБ},$$

где $f(i)$ — частота i-й спектральной линии.

Значения $f(i)$ сведены в таблицы Г.1а, Г.1б, Г.1в для Уровня I и в таблицы Г.1г, Г.1д, Г.1е для Уровня II. Минимальный уровень маскирования $LT_{min}(n)$ вычисляется для каждой субполосы.

Шаг 9. Вычисление отношения сигнал-маска.

Отношение сигнал-маска (дБ) рассчитывается для каждой субполосы n по формуле

$$SMR_{sb}(n) = L_{sb}(n) - LT_{\min}(n).$$

Таблица Г.1а — Частота и значения абсолютного порога слышимости для частоты дискретизации 32 кГц. Уровень I

Номер, i	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
1	62,50	0,617	33,44
2	125,00	1,232	19,20
3	187,50	1,842	13,87
4	250,00	2,445	11,01
5	312,50	3,037	9,20
6	375,00	3,618	7,94
7	437,50	4,185	7,00
8	500,00	4,736	6,28
9	562,50	5,272	5,70
10	625,00	5,789	5,21
11	687,50	6,289	4,80
12	750,00	6,770	4,45
13	812,50	7,233	4,14
14	875,00	7,677	3,86
15	937,50	8,103	3,61
16	1 000,00	8,511	3,37
17	1 062,50	8,901	3,15
18	1 125,00	9,275	2,93
19	1 187,50	9,632	2,73

Продолжение таблицы Г.1а

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
20	1 250,00	9,974	2,53
21	1 312,50	10,301	2,32
22	1 375,00	10,614	2,12
23	1 437,50	10,913	1,92
24	1 500,00	11,199	1,71
25	1 562,50	11,474	1,49
26	1 625,00	11,736	1,27
27	1 687,50	11,988	1,04
28	1 750,00	12,230	0,80
29	1 812,50	12,461	0,55
30	1 875,00	12,684	0,29
31	1 937,50	12,898	0,02
32	2 000,00	13,104	–0,25
33	2 062,50	13,302	–0,54
34	2 125,00	13,493	–0,83
35	2 187,50	13,678	–1,12
36	2 250,00	13,855	–1,43
37	2 312,50	14,027	–1,73
38	2 375,00	14,193	–2,04
39	2 437,50	14,354	–2,34
40	2 500,00	14,509	–2,64
41	2 562,50	14,660	–2,93
42	2 625,00	14,807	–3,22
43	2 687,50	14,949	–3,49
44	2 750,00	15,087	–3,74
45	2 812,50	15,221	–3,98
46	2 875,00	15,351	–4,20
47	2 937,50	15,478	–4,40
48	3 000,00	15,602	–4,57
49	3 125,00	15,841	–4,82
50	3 250,00	16,069	–4,96
51	3 375,00	16,287	–4,97
52	3 500,00	16,496	–4,86
53	3 625,00	16,697	–4,63

Продолжение таблицы Г.1а

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
54	3 750,00	16,891	–4,29
55	3 875,00	17,078	–3,87
56	4 000,00	17,259	–3,39
57	4 125,00	17,434	–2,86
58	4 250,00	17,605	–2,31
59	4 375,00	17,770	–1,77
60	4 500,00	17,932	–1,24
61	4 625,00	18,089	–0,74
62	4 750,00	18,242	–0,29
63	4 875,00	18,392	0,12
64	5 000,00	18,539	0,48
65	5 125,00	18,682	0,79
66	5 250,00	18,823	1,06
67	5 375,00	18,960	1,29
68	5 500,00	19,095	1,49
69	5 625,00	19,226	1,66
70	5 750,00	19,356	1,81
71	5 875,00	19,482	1,95
72	6 000,00	19,606	2,08
73	6 250,00	19,847	2,33
74	6 500,00	20,079	2,59
75	6 750,00	20,300	2,86
76	7 000,00	20,513	3,17
77	7 250,00	20,717	3,51
78	7 500,00	20,912	3,89
79	7 750,00	21,098	4,31
80	8 000,00	21,275	4,79
81	8 250,00	21,445	5,31
82	8 500,00	21,606	5,88
83	8 750,00	21,760	6,50
84	9 000,00	21,906	7,19
85	9 250,00	22,046	7,93
86	9 500,00	22,178	8,75
87	9 750,00	22,304	9,63

Окончание таблицы Г.1а

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
88	10 000,00	22,424	10,58
89	10 250,00	22,538	11,60
90	10 500,00	22,646	12,71
91	10 750,00	22,749	13,90
92	11 000,00	22,847	15,18
93	11 250,00	22,941	16,54
94	11 500,00	23,030	18,01
95	11 750,00	23,114	19,57
96	12 000,00	23,195	21,23
97	12 250,00	23,272	23,01
98	12 500,00	23,345	24,90
99	12 750,00	23,415	26,90
100	13 000,00	23,482	29,03
101	13 250,00	23,546	31,28
102	13 500,00	23,607	33,67
103	13 750,00	23,666	36,19
104	14 000,00	23,722	38,86
105	14 250,00	23,775	41,67
106	14 500,00	23,827	44,63
107	14 750,00	23,876	47,76
108	15 000,00	23,923	51,04

Т а б л и ц а Г.1б – Частота и значения абсолютного порога слышимости для частоты дискретизации 44,1 кГц. Уровень I

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
1	86,13	0,850	25,87
2	172,27	1,694	14,85
3	258,40	2,525	10,72
4	344,53	3,337	8,50
5	430,66	4,124	7,10
6	516,80	4,882	6,11
7	602,93	5,608	5,37
8	689,06	6,301	4,79
9	775,20	6,959	4,32

Продолжение таблицы Г.1б

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
10	861,33	7,581	3,92
11	947,46	8,169	3,57
12	1 033,59	8,723	3,25
13	1 119,73	9,244	2,95
14	1 205,86	9,734	2,67
15	1 291,99	10,195	2,39
16	1 378,13	10,629	2,11
17	1 464,26	11,037	1,83
18	1 550,39	11,421	1,53
19	1 636,52	11,783	1,23
20	1 722,66	12,125	0,90
21	1 808,79	12,448	0,56
22	1 894,92	12,753	0,21
23	1 981,05	13,042	–0,17
24	2 067,19	13,317	–0,56
25	2 153,32	13,578	–0,96
26	2 239,45	13,826	–1,38
27	2 325,59	14,062	–1,79
28	2 411,72	14,288	–2,21
29	2 497,85	14,504	–2,63
30	2 583,98	14,711	–3,03
31	2 670,12	14,909	–3,41
32	2 756,25	15,100	–3,77
33	2 842,38	15,284	–4,09
34	2 928,52	15,460	–4,37
35	3 014,65	15,631	–4,60
36	3 100,78	15,796	–4,78
37	3 186,91	15,955	–4,91
38	3 273,05	16,110	–4,97
39	3 359,18	16,260	–4,98
40	3 445,31	16,406	–4,92
41	3 531,45	16,547	–4,81
42	3 617,58	16,685	–4,65
43	3 703,71	16,820	–4,43

Продолжение таблицы Г.1б

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
44	3 789,84	16,951	–4,17
45	3 875,98	17,079	–3,87
45	3 962,11	17,205	–3,54
47	4 048,24	17,327	–3,19
48	4 134,38	17,447	–2,82
49	4 306,64	17,680	–2,06
50	4 478,91	17,905	–1,32
51	4 651,17	18,121	–0,64
52	4 823,44	18,331	–0,04
53	4 995,70	18,534	0,47
54	5 167,97	18,731	0,89
55	5 340,23	18,922	1,23
56	5 512,50	19,108	1,51
57	5 684,77	19,289	1,74
58	5 857,03	19,464	1,93
59	6 029,30	19,635	2,11
60	6 201,56	19,801	2,28
61	6 373,83	19,963	2,46
62	6 546,09	20,120	2,63
63	6 718,36	20,273	2,82
64	6 890,63	20,421	3,03
65	7 062,89	20,565	3,25
66	7 235,16	20,705	3,49
67	7 407,42	20,840	3,74
68	7 579,69	20,972	4,02
69	7 751,95	21,099	4,32
70	7 924,22	21,222	4,64
71	8 096,48	21,342	4,98
72	8 268,75	21,457	5,35
73	8 613,28	21,677	6,15
74	8 957,81	21,882	7,07
75	9 302,34	22,074	8,10
76	9 646,88	22,253	9,25
77	9 991,41	22,420	10,54

Окончание таблицы Г.1б

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
78	10 335,94	22,576	11,97
79	10 680,47	22,721	13,56
80	11 025,00	22,857	15,31
81	11 369,53	22,984	17,23
82	11 714,06	23,102	19,34
83	12 058,59	23,213	21,64
84	12 403,13	23,317	24,15
85	12 747,66	23,415	26,88
86	13 092,19	23,506	29,84
87	13 436,72	23,592	33,05
88	13 781,25	23,673	36,52
89	14 125,78	23,749	40,25
90	14 470,31	23,821	44,27
91	14 814,84	23,888	48,59
92	15 159,38	23,952	53,22
93	15 503,91	24,013	58,18
94	15 848,44	24,070	63,49
95	16 192,97	24,125	68,00
96	16 537,50	24,176	68,00
97	16 882,03	24,225	68,00
98	17 226,56	24,271	68,00
99	17 571,09	24,316	68,00
100	17 915,63	24,358	68,00
101	18 260,16	24,398	68,00
102	18 604,69	24,436	68,00
103	18 949,22	24,473	68,00
104	19 293,75	24,508	68,00
105	19 638,28	24,542	68,00
106	19 982,81	24,574	68,00

Т а б л и ц а Г.1в — Частота и значения абсолютного порога слышимости для частоты дискретизации 48 кГц. Уровень I

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
1	93,75	0,925	24,17

Продолжение таблицы Г.1в

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
2	187,50	1,842	13,87
3	281,25	2,742	10,01
4	375,00	3,618	7,94
5	468,75	4,463	6,62
6	562,50	5,272	5,70
7	656,25	6,041	5,00
8	750,00	6,770	4,45
9	843,75	7,457	4,00
10	937,50	8,103	3,61
11	1 031,25	8,708	3,26
12	1 125,00	9,275	2,93
13	1 218,75	9,805	2,63
14	1 312,50	10,301	2,32
15	1 406,25	10,765	2,02
16	1 500,00	11,199	1,71
17	1 593,75	11,606	1,38
18	1 687,50	11,988	1,04
19	1 781,25	12,347	0,67
20	1 875,00	12,684	0,29
21	1 968,75	13,002	–0,11
22	2 062,50	13,302	–0,54
23	2 156,25	13,586	–0,97
24	2 250,00	13,855	–1,43
25	2 343,75	14,111	–1,88
26	2 437,50	14,354	–2,34
27	2 531,25	14,585	–2,79
28	2 625,00	14,807	–3,22
29	2 718,75	15,018	–3,62
30	2 812,50	15,221	–3,98
31	2 906,25	15,415	–4,30
32	3 000,00	15,602	–4,57
33	3 093,75	15,783	–4,77
34	3 187,50	15,956	–4,91
35	3 281,25	16,124	–4,98

Продолжение таблицы Г.1в

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
36	3 375,00	16,287	–4,97
37	3 468,75	16,445	–4,90
38	3 562,50	16,598	–4,76
39	3 656,25	16,746	–4,55
40	3 750,00	16,891	–4,29
41	3 843,75	17,032	–3,99
42	3 937,50	17,169	–3,64
43	4 031,25	17,303	–3,26
44	4 125,00	17,434	–2,86
45	4 218,75	17,563	–2,45
46	4 312,50	17,688	–2,04
47	4 406,25	17,811	–1,63
48	4 500,00	17,932	–1,24
49	4 687,50	18,166	–0,51
50	4 875,00	18,392	0,12
51	5 062,50	18,611	0,64
52	5 250,00	18,823	1,06
53	5 437,50	19,028	1,39
54	5 625,00	19,226	1,66
55	5 812,50	19,419	1,88
56	6 000,00	19,606	2,08
57	6 187,50	19,788	2,27
58	6 375,00	19,964	2,46
59	6 562,50	20,135	2,65
60	6 750,00	20,300	2,86
61	6 937,50	20,461	3,09
62	7 125,00	20,616	3,33
63	7 312,50	20,766	3,60
64	7 500,00	20,912	3,89
65	7 687,50	21,052	4,20
66	7 875,00	21,188	4,54
67	8 062,50	21,318	4,91
68	8 250,00	21,445	5,31
69	8 437,50	21,567	5,73

Окончание таблицы Г.1в

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
70	8 625,00	21,684	6,18
71	8 812,50	21,797	6,67
72	9 000,00	21,906	7,19
73	9 375,00	22,113	8,33
74	9 750,00	22,304	9,63
75	10 125,00	22,482	11,08
76	10 500,00	22,646	12,71
77	10 875,00	22,799	14,53
78	11 250,00	22,941	16,54
79	11 625,00	23,072	18,77
80	12 000,00	23,195	21,23
81	12 375,00	23,309	23,94
82	12 750,00	23,415	26,90
83	13 125,00	23,515	30,14
84	13 500,00	23,607	33,67
85	13 875,00	23,694	37,51
86	14 250,00	23,775	41,67
87	14 625,00	23,852	46,17
88	15 000,00	23,923	51,04
89	15 375,00	23,991	56,29
90	15 750,00	24,054	61,94
91	16 125,00	24,114	68,00
92	16 500,00	24,171	68,00
93	16 875,00	24,224	68,00
94	17 250,00	24,275	68,00
95	17 625,00	24,322	68,00
96	18 000,00	24,368	68,00
97	18 375,00	24,411	68,00
98	18 750,00	24,452	68,00
99	19 125,00	24,491	68,00
100	19 500,00	24,528	68,00
101	19 875,00	24,564	68,00
102	20 250,00	24,597	68,00

Таблица Г.1г — Частота и значения абсолютного порога слышимости для частоты дискретизации 32 кГц. Уровень II

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
1	31,25	0,309	58,23
2	62,50	0,617	33,44
3	93,75	0,925	24,17
4	125,00	1,232	19,20
5	156,25	1,538	16,05
6	187,50	1,842	13,87
7	218,75	2,145	12,26
8	250,00	2,445	11,01
9	281,25	2,742	10,01
10	312,50	3,037	9,20
11	343,75	3,329	8,52
12	375,00	3,618	7,94
13	406,25	3,903	7,44
14	437,50	4,185	7,00
15	468,75	4,463	6,62
16	500,00	4,736	6,28
17	531,25	5,006	5,97
18	562,50	5,272	5,70
19	593,75	5,533	5,44
20	625,00	5,789	5,21
21	656,25	6,041	5,00
22	687,50	6,289	4,80
23	718,75	6,532	4,62
24	750,00	6,770	4,45
25	781,25	7,004	4,29
26	812,50	7,233	4,14
27	843,75	7,457	4,00
28	875,00	7,677	3,86
29	906,25	7,892	3,73
30	937,50	8,103	3,61
31	968,75	8,309	3,49
32	1 000,00	8,511	3,37
33	1 031,25	8,708	3,26
34	1 062,50	8,901	3,15

Продолжение таблицы Г.1г

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
35	1 093,75	9,090	3,04
36	1 125,00	9,275	2,93
37	1 156,25	9,456	2,83
38	1 187,50	9,632	2,73
39	1 218,75	9,805	2,63
40	1 250,00	9,974	2,53
41	1 281,25	10,139	2,42
42	1 312,50	10,301	2,32
43	1 343,75	10,459	2,22
44	1 375,00	10,614	2,12
45	1 406,25	10,765	2,02
46	1 437,50	10,913	1,92
47	1 468,75	11,058	1,81
48	1 500,00	11,199	1,71
49	1 562,50	11,474	1,49
50	1 625,00	11,736	1,27
51	1 687,50	11,988	1,04
52	1 750,00	12,230	0,80
53	1 812,50	12,461	0,55
54	1 875,00	12,684	0,29
55	1 937,50	12,898	0,02
56	2 000,00	13,104	–0,25
57	2 062,50	13,302	–0,54
58	2 125,00	13,493	–0,83
59	2 187,50	13,678	–1,12
60	2 250,00	13,855	–1,43
61	2 312,50	14,027	–1,73
62	2 375,00	14,193	–2,04
63	2 437,50	14,354	–2,34
64	2 500,00	14,509	–2,64
65	2 562,50	14,660	–2,93
66	2 625,00	14,807	–3,22
67	2 687,50	14,949	–3,49
68	2 750,00	15,087	–3,74
69	2 812,50	15,221	–3,98

Продолжение таблицы Г.1г

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
70	2 875,00	15,351	–4,20
71	2 937,50	15,478	–4,40
72	3 000,00	15,602	–4,57
73	3 125,00	15,841	–4,82
74	3 250,00	16,069	–4,96
75	3 375,00	16,287	–4,97
76	3 500,00	16,496	–4,86
77	3 625,00	16,697	–4,63
78	3 750,00	16,891	–4,29
79	3 875,00	17,078	–3,87
80	4 000,00	17,259	–3,39
81	4 125,00	17,434	–2,86
82	4 250,00	17,605	–2,31
83	4 375,00	17,770	–1,77
84	4 500,00	17,932	–1,24
85	4 625,00	18,089	–0,74
86	4 750,00	18,242	–0,29
87	4 875,00	18,392	0,12
88	5 000,00	18,539	0,48
89	5 125,00	18,682	0,79
90	5 250,00	18,823	1,06
91	5 375,00	18,960	1,29
92	5 500,00	19,095	1,49
93	5 625,00	19,226	1,66
94	5 750 00 —	19,356	1,81
95	5 875,00	19,482	1,95
96	6 000,00	19,606	2,08
97	6 250,00	19,847	2,33
98	6 500,00	20,079	2,59
99	6 750,00	20,300	2,86
100	7 000,00	20,513	3,17
101	7 250,00	20,717	3,51
102	7 500,00	20,912	3,89
103	7 750,00	21,098	4,31

Окончание таблицы Г.1г

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
104	8 000,00	21,275	4,79
105	8 250,00	21,445	5,31
106	8 500,00	21,606	5,88
107	8 750,00	21,760	6,50
108	9 000,00	21,906	7,19
109	9 250,00	22,046	7,93
110	9 500,00	22,178	8,75
111	9 750,00	22,304	9,63
112	10 000,00	22,424	10,58
113	10 250,00	22,538	11,60
114	10 500,00	22,646	12,71
115	10 750,00	22,749	13,90
116	11 000,00	22,847	15,18
117	11 250,00	22,941	16,54
118	11 500,00	23,030	18,01
119	11 750,00	23,114	19,57
120	12 000,00	23,195	21,23
121	12 250,00	23,272	23,01
122	12 500,00	23,345	24,90
123	12 750,00	23,415	26,90
124	13 000,00	23,482	29,03
125	13 250,00	23,546	31,28
126	13 500,00	23,607	33,67
127	13 750,00	23,666	36,19
128	14 000,00	23,722	38.86
129	14 250,00	23,775	41,67
130	14 500,00	23,827	44,63
131	14 750,00	23,876	47,76
132	15 000,00	23,923	51,04

Т а б л и ц а Г.1д — Частота и значения абсолютного порога слышимости для частоты дискретизации 44,1 кГц. Уровень II

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
1	43,07	0,425	45,05

Продолжение таблицы Г.1д

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
2	86,13	0,850	25,87
3	129,20	1,273	18,70
4	172,27	1,694	14,85
5	215,33	2,112	12,41
6	258,40	2,525	10,72
7	301,46	2,934	9,47
8	344,53	3,337	8,50
9	387,60	3,733	7,73
10	430,66	4,124	7,10
11	473,73	4,507	6,56
12	516,80	4,882	6,11
13	559,86	5,249	5,72
14	602,93	5,608	5,37
15	646,00	5,959	5,07
16	689,06	6,301	4,79
17	732,13	6,634	4,55
18	775,20	6,959	4,32
19	818,26	7,274	4,11
20	861,33	7,581	3,92
21	904,39	7,879	3,74
22	947,46	8,169	3,57
23	990,53	8,450	3,40
24	1 033,59	8,723	3,25
25	1 076,66	8,987	3,10
26	1 119,73	9,244	2,95
27	1 162,79	9,493	2,81
28	1 205,86	9,734	2,67
29	1 248,93	9,968	2,53
30	1 291,99	10,195	2,39
31	1 335,06	10,416	2,25
32	1 378,13	10,629	2,11
33	1 421,19	10,836	1,97
34	1 464,26	11,037	1,83
35	1 507,32	11,232	1,68

Продолжение таблицы Г.1д

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
36	1 550,39	11,421	1,53
37	1 593,46	11,605	1,38
38	1 636,52	11,783	1,23
39	1 679,59	11,957	1,07
40	1 722,66	12,125	0,90
41	1 765,72	12,289	0,74
42	1 808,79	12,448	0,56
43	1 851,86	12,603	0,39
44	1 894,92	12,753	0,21
45	1 937,99	12,900	0,02
46	1 981,05	13,042	–0,17
47	2 024,12	13,181	–0,36
48	2 067,19	13,317	–0,56
49	2 153,32	13,578	–0,96
50	2 239,45	13,826	–1,38
51	2 325,59	14,062	–1,79
52	2 411,72	14,288	–2,21
53	2 497,85	14,504	–2,63
54	2 583,98	14,711	–3,03
55	2 670,12	14,909	–3,41
56	2 756,25	15,100	–3,77
57	2 842,38	15,284	–4,09
58	2 928,52	15,460	–4,37
59	3 014,65	15,631	–4,60
60	3 100,78	15,796	–4,78
61	3 186,91	15,955	–4,91
62	3 273,05	16,110	–4,97
63	3 359,18	16,260	–4,98
64	3 445,31	16,406	–4,92
65	3 531,45	16,547	–4,81
66	3 617,58	16,685	–4,65
67	3 703,71	16,820	–4,43
68	3 789,84	16,951	–4,17
69	3 875,98	17,079	–3,87

Продолжение таблицы Г.1д

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
70	3 962,11	17,205	–3,54
71	4 048,24	17,327	–3,19
72	4 134,38	17,447	–2,82
73	4 306,64	17,680	–2,06
74	4 478,91	17,905	–1,32
75	4 651,17	18,121	–0,64
76	4 823,44	18,331	–0,04
77	4 995,70	18,534	0,47
78	5 167,97	18,731	0,89
79	5 340,23	18,922	1,23
80	5 512,50	19,108	1,51
81	5 684,77	19,289	1,74
82	5 857,03	19,464	1,93
83	6 029,30	19,635	2,11
84	6 201,56	19,801	2,28
85	6 373,83	19,963	2,46
86	6 546,09	20,120	2,63
87	6 718,36	20,273	2,82
88	6 890,63	20,421	3,03
89	7 062,89	20,565	3,25
90	7 235,16	20,705	3,49
91	7 407,42	20,840	3,74
92	7 579,69	20,972	4,02
93	7 751,95	21,099	4,32
94	7 924,22	21,222	4,64
95	8 096,48	21,342	4,98
96	8 268,75	21,457	5,35
97	8 613,28	21,677	6,15
98	8 957,81	21,882	7,07
99	9 302,34	22,074	8,10
100	9 646,88	22,253	9,25
101	9 991,41	22,420	10,54
102	10 335,94	22,576	11,97
103	10 680,47	22,721	13,56

Окончание таблицы Г.1д

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
104	11 025,00	22,857	15,31
105	11 369,53	22,984	17,23
106	11 714,06	23,102	19,34
107	12 058,59	23,213	21,64
108	12 403,13	23,317	24,15
109	12 747,66	23,415	26,88
110	13 092,19	23,506	29,84
111	13 436,72	23,592	33,05
112	13 781,25	23,673	36,52
113	14 125,78	23,749	40,25
114	14 470,31	23,821	44,27
115	14 814,84	23,888	48,59
116	15 159,38	23,952	53,22
117	15 503,91	24,013	58,18
118	15 848,44	24,070	63,49
119	16 192,97	24,125	68,00
120	16 537,50	24,176	68,00
121	16 882,03	24,225	68,00
122	17 226,56	24,271	68,00
123	17 571,09	24,316	68,00
124	17 915,63	24,358	68,00
125	18 260,16	24,398	68,00
126	18 604,69	24,436	68,00
127	18 949,22	24,473	68,00
128	19 293,75	24,508	68,00
129	19 638,28	24,542	68,00
130	19 982,81	24,574	68,00

Т а б л и ц а Г.1е — Частота и значения абсолютного порога слышимости для частоты дискретизации 48 кГц. Уровень II

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
1	46,88	0,463	42,10
2	93,75	0,925	24,17
3	140,63	1,385	17,47

Продолжение таблицы Г.1е

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
4	187,50	1,842	13,87
5	234,38	2,295	11,60
6	281,25	2,742	10,01
7	328,13	3,184	8,84
8	375,00	3,618	7,94
9	421,88	4,045	7,22
10	468,75	4,463	6,62
11	515,63	4,872	6,12
12	562,50	5,272	5,70
13	609,38	5,661	5,33
14	656,25	6,041	5,00
15	703,13	6,411	4,71
16	750,00	6,770	4,45
17	796,88	7,119	4,21
18	843,75	7,457	4,00
19	890,63	7,785	3,79
20	937,50	8,103	3,61
21	984,38	8,410	3,43
22	1 031,25	8,708	3,26
23	1 078,13	8,996	3,09
24	1 125,00	9,275	2,93
25	1 171,88	9,544	2,78
26	1 218,75	9,805	2,63
27	1 265,63	10,057	2,47
28	1 312,50	10,301	2,32
29	1 359,38	10,537	2,17
30	1 406,25	10,765	2,02
31	1 453,13	10,986	1,86
3.2	1 500,00	11,199	1,71
33	1 546,88	11,406	1,55
34	1 593,75	11,606	1,38
35	1 640,63	11,800	1,21
36	1 687,50	11,988	1,04
37	1 734,38	12,170	0,86

Продолжение таблицы Г.1е

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
38	1 781,25	12,347	0,67
39	1 828,13	12,518	0,49
40	1 875,00	12,684	0,29
41	1 921,88	12,845	0,09
42	1 968,75	13,002	–0,11
43	2 015,63	13,154	–0,32
44	2 062,50	13,302	–0,54
45	2 109,38	13,446	–0,75
46	2 156,25	13,586	–0,97
47	2 203,13	13,723	–1,20
48	2 250,00	13,855	–1,43
49	2 343,75	14,111	–1,88
50	2 437,50	14,354	–2,34
51	2 531,25	14,585	–2,79
52	2 625,00	14,807	–3,22
53	2 718,75	15,018	–3,62
54	2 812,50	15,221	–3,98
55	2 906,25	15,415	–4,30
56	3 000,00	15,602	–4,57
57	3 093,75	15,783	–4,77
58	3 187,50	15,956	–4,91
59	3 281,25	16,124	–4,98
60	3 375,00	16,287	–4,97
61	3 468,75	16,445	–4,90
62	3 562,50	16,598	–4,76
63	3 656,25	16,746	–4,55
64	3 750,00	16,891	–4,29
65	3 843,75	17,032	–3,99
66	3 937,50	17,169	–3,64
67	4 031,25	17,303	–3,26
68	4 125,00	17,434	–2,86
69	4 218,75	17,563	–2,45
70	4 312,50	17,688	–2,04
71	4 406,25	17,811	–1,63

Продолжение таблицы Г.1е

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
72	4 500,00	17,932	–1,24
73	4 687,50	18,166	–0,51
74	4 875,00	18,392	0,12
75	5 062,50	18,611	0,64
76	5 250,00	18,823	1,06
77	5 437,50	19,028	1,39
78	5 625,00	19,226	1,66
79	5 812,50	19,419	1,88
80	6 000,00	19,606	2,08
81	6 187,50	19,788	2,27
82	6 375,00	19,964	2,46
83	6 562,50	20,135	2,65
84	6 750,00	20,300	2,86
85	6 937,50	20,461	3,09
86	7 125,00	20,616	3,33
87	7 312,50	20,766	3,60
88	7 500,00	20,912	3,89
89	7 687,50	21,052	4,20
90	7 875,00	21,188	4,54
91	8 062,50	21,318	4,91
92	8 250,00	21,445	5,31
93	8 437,50	21,567	5,73
94	8 625,00	21,684	6,18
95	8 812,50	21,797	6,67
96	9 000,00	21,906	7,19
97	9 375,00	22,113	8,33
98	9 750,00	22,304	9,63
99	10 125,00	22,482	11,08
100	10 500,00	22,646	12,71
101	10 875,00	22,799	14,53
102	11 250,00	22,941	16,54
103	11 625,00	23,072	18,77
104	12 000,00	23,195	21,23
105	12 375,00	23,309	23,94

Окончание таблицы Г.1е

Номер, *i*	Частота		Абсолютный порог, дБ
	Гц	Барк	
106	12 750,00	23,415	26,90
107	13 125,00	23,515	30,14
108	13 500,00	23,607	33,67
109	13 875,00	23,694	37,51
110	14 250,00	23,775	41,67
111	14 625,00	23,852	46,17
112	15 000,00	23,923	51,04
113	15 375,00	23,991	56,29
114	15 750,00	24,054	61,94
115	16 125,00	24,114	68,00
116	16 500,00	24,171	68,00
117	16 875,00	24,224	68,00
118	17 250,00	24,275	68,00
119	17 625,00	24,322	68,00
120	18 000,00	24,368	68,00
121	18 375,00	24,411	68,00
122	18 750,00	24,452	68,00
123	19 125,00	24,491	68,00
124	19 500,00	24,528	68,00
125	19 875,00	24,564	68,00
126	20 250,00	24,597	68,00

Т а б л и ц а Г.2а — Верхние границы критических полос. Частота дискретизации 32 кГц. Уровень I

Номер	Номер (*i*) в таблице Г.1а	Частота	
		Гц	Барк
0	1	62,500	0,617
1	3	187,500	1,842
2	5	312,500	3,037
3	7	437,500	4,185
4	9	562,500	5,272
5	11	687,500	6,289
6	13	812,500	7,233
7	15	937,500	8,103
8	18	1 125,000	9,275

Окончание таблицы Г.2а

Номер	Номер (*i*) в таблице Г.1а	Частота	
		Гц	Барк
9	21	1 312,500	10,301
10	24	1 500,000	11,199
11	27	1 687,500	11,988
12	32	2 000,000	13,104
13	37	2 312,500	14,027
14	44	2 750,000	15,087
15	50	3 250,000	16,069
16	55	3 875,000	17,078
17	61	4 625,000	18,089
18	68	5 500,000	19,095
19	74	6 500,000	20,079
20	79	7 750,000	21,098
21	85	9 250,000	22,046
22	94	11 500,000	23,030
23	108	15 000,000	23,923

Т а б л и ц а Г.2б — Верхние границы критических полос. Частота дискретизации 44,1 кГц. Уровень I

Номер	Номер (*i*) в таблице Г.1б	Частота	
		Гц	Барк
0	1	86,133	0,850
1	2	172,266	1,694
2	3	258,398	2,525
3	5	430,664	4,124
4	6	516,797	4,882
5	8	689,063	6,301
6	9	775,195	6,959
7	11	947,461	8,169
8	13	1 119,727	9,244
9	15	1 291,992	10,195
10	17	1 464,258	11,037
11	20	1 722,656	12,125
12	23	1 981,055	13,042
13	27	2 325,586	14,062
14	32	2 756,250	15,100
15	37	3 186,914	15,955
16	45	3 875,977	17,079

Окончание таблицы Г.2б

Номер	Номер (*i*) в таблице Г.1б	Частота	
		Гц	Барк
17	50	4 478,906	17,904
18	55	5 340,234	18,922
19	61	6 373,828	19,963
20	68	7 579,688	20,971
21	75	9 302,344	22,074
22	81	11 369,531	22,984
23	93	15 503,906	24,013
24	106	19 982,813	24,573

Т а б л и ц а Г.2в — Верхние границы критических полос. Частота дискретизации 48кГц. Уровень I

Номер	Номер (*i*) в таблице Г.1в	Частота	
		Гц	Барк
0	1	93,750	0,925
1	2	187,500	1,842
2	3	281,250	2,742
3	4	375,000	3,618
4	5	468,750	4,463
5	6	562,500	5,272
6	7	656,250	6,041
7	9	843,750	7,457
8	10	937,500	8,103
9	12	1 125,000	9,275
10	14	1 312,500	10,301
11	16	1 500,000	11,199
12	19	1 781,250	12,347
13	21	1 968,750	13,002
14	25	2 343,750	14,111
15	29	2 718,750	15,018
16	35	3 281,250	16,124
17	41	3 843,750	17,032
18	49	4 687,500	18,166
19	53	5 437,500	19,028
20	58	6 375,000	19,964
21	65	7 687,500	21,052

Окончание таблицы Г.2в

Номер	Номер (*i*) в таблице Г.1в	Частота	
		Гц	Барк
22	73	9 375,000	22,113
23	79	11 625,000	23,072
24	89	15 375,000	23,991
25	102	20 250,000	24,597

Таблица Г.2г — Верхние границы критических полос. Частота дискретизации 32 кГц. Уровень II

Номер	Номер (*i*) в таблице Г.1г	Частота	
		Гц	Барк
0	1	31,250	0,309
1	3	93,750	0,925
2	6	187,500	1,842
3	10	312,500	3,037
4	13	406,250	3,903
5	17	531,250	5,006
6	21	656,250	6,041
7	25	781,250	7,004
8	30	937,500	8,103
9	35	1 093,750	9,090
10	41	1 281,250	10,139
11	47	1 468,750	11,058
12	51	1 687,500	11,988
13	56	2 000,000	13,104
14	61	2 312,500	14,027
15	68	2 750,000	15,087
16	74	3 250,000	16,069
17	79	3 875,000	17,078
18	85	4 625,000	18,089
19	92	5 500,000	19,095
20	98	6 500,000	20,079
21	103	7 750,000	21,098
22	109	9 250,000	22,046

Окончание таблицы Г.2г

Номер	Номер (*i*) в таблице Г.1г	Частота	
		Гц	Барк
23	118	11 500,000	23,030
24	132	15 000,000	23,923

Т а б л и ц а Г.2д — Верхние границы критических полос. Частота дискретизации 44,1кГц. Уровень II

Номер	Номер (*i*) в таблице Г.1д	Частота	
		Гц	Барк
0	1	43,066	0,425
1	2	86,133	0,850
2	3	129,199	1,273
3	5	215,332	2,112
4	7	301,465	2,934
5	10	430,664	4,124
6	13	559,863	5,249
7	16	689,063	6,301
8	19	818,262	7,274
9	22	947,461	8,169
10	26	1 119,727	9,244
11	30	1 291,992	10,195
12	35	1 507,324	11,232
13	40	1 722,656	12,125
14	46	1 981,055	13,042
15	51	2 325,586	14,062
16	56	2 756,250	15,100
17	62	3 273,047	16,11
18	69	3 875,977	17,079
19	74	4 478,906	17,904
20	79	5 340,234	18,922
21	85	6 373,828	19,963
22	92	7 579,688	20,971
23	99	9 302,344	22,074
24	105	11 369,531	22,984
25	117	15 503,906	24,013
26	130	19 982,813	24,573

Таблица Г.2е — Верхние границы критических полос. Частота дискретизации 48кГц. Уровень II

Номер	Номер (*i*) в таблице Г.1е	Частота	
		Гц	Барк
0	1	46,875	0,463
1	2	93,750	0,925
2	3	140,625	1,385
3	5	234,375	2,295
4	7	328,125	3,184
5	9	421,875	4,045
6	12	562,500	5,272
7	14	656,250	6,041
8	17	796,875	7,119
9	20	937,500	8,103
10	24	1 125,000	9,275
11	27	1 265,625	10,057
12	32	1 500,000	11,199
13	37	1 734,375	12,170
14	42	1 968,750	13,002
15	49	2 343,750	14,111
16	53	2 718,750	15,018
17	59	3 281,250	16,124
18	65	3 843,750	17,032
19	73	4 687,500	18,166
20	77	5 437,500	19,028
21	82	6 375,000	19,964
22	89	7 687,500	21,052
23	97	9 375,000	22,113
24	103	11625,000	23,072
25	113	15 375,000	23,991
26	126	20 250,000	24,597

Г.2 Психоакустическая модель 2

Г.2.1 Общие сведения

Психоакустическая модель 2 — независимая психоакустическая модель, которая может быть скорректирована и адаптирована к любому уровню. В этом приложении дается общее описание психоакустической модели 2 и достаточная информация для ее реализации на Уровнях I и II. Психоакустическая модель Уровня III базируется на этой реализации. Модель адаптирована в соответствии с описанием кодера Уровня III.

Блок расчета порога маскирования имеет три входа:

1. Смещение окна анализа *iblen*, где 384 < *iblen* < 640. Параметр *iblen* должен оставаться постоянным на протяжении всего процесса расчета порога маскирования. Если необходимо вычислить пороги для двух различных смещений (как на Уровне III), то требуется два расчета, каждый с соответствующей фиксированной длиной смещения. В случае, когда *iblen* вне диапазона 384—640, необходимо вычисление психоакустических порогов с различными длинами окон и смещений. Есть два способа выполнить это:

а) использовать преобразование различной длины и пересчитать исходные коэффициенты для модели;

б) использовать ту же длину преобразования, но с существенно более коротким окном Хана, подходящим для данных и задаче.

Выбор оставляют за конкретной реализацией.

2. Новые *iblen* отсчетов сигнала, вместе с задержанными отсчетами (либо в наборе фильтров, либо в блоке психоакустического расчета) помещаются по центру окна анализа.

3. Для стандартных частот дискретизации предусмотрены соответствующие таблицы. Частота дискретизации, как и *iblen*, должна остаться постоянной на протяжении одной реализации расчета порога маскирования.

Выходом психоакустической модели 2 является вектор отношений сигнал-маска, SMR_n, который адаптируется к уровням как описано ниже.

Перед реализацией модели массив данных БПФ, а также массивы *r* и *f,* должны быть обнулеваны.

На Уровне II значения психоакустических отношений должны быть вычислены дважды для каждого фрейма. Худший из двух вариантов используется при распределении битов, как показано в програмной модели для Уровней I и II с психоакустической моделью 2.

Г.2.2 Комментарии к обозначениям

В течение процесса вычисления порога маскирования используются три индекса:

ω — номер спектральной линии БПФ, индекс 1 соответствует постоянной составляющей, индекс 513 соответствует частоте Найквиста;

b — номер раздела, если при вычислении используется свертка или сумма, *bb* будет использоваться в качестве переменной суммирования, нумерация раздела начинается с 1;

n — номер частотной полосы, индекс 1 соответствует самой нижней полосе субполосного набора фильтров.

Г.2.3 Функция распределения маскирования

Несколько следующих позиций относятся к функции распределения маскирования. Она вычисляется по формуле

$$tmpx = 1{,}05(j - i),$$

где *i* — значение (в Барках), соответствующее полосе, для которой рассчитывается функция распределения;

j — расстояние (в Барках) до полосы, на которую оказывает влияние полоса *i*.

tmpx — временная переменная.

$$x = 8\min\left((tmpx - 0{,}5)^2 - 2(tmpx - 0{,}5), 0\right)$$

где *x* — временная переменная;

min(*a*, *b*) — функция, возвращающая наименьшее значение из *a* и *b*.

$$tmpy = 15{,}811389 + 7{,}5(tmpx + 0{,}474) - 17{,}5\left(1{,}0 + (tmpx + 0{,}474)^2\right)^{0{,}5}$$

tmpy является еще одной временной переменной.

$$if\left(tmpy < -100\right) then\left\{sprdngf(i,j) = 0\right\} else\left\{sprdngf(i,j) = 10^{\frac{(x + tmpy)}{10}}\right\}$$

Г.2.4 Порядок расчета порога

Следующие шаги необходимы для вычисления *SMRn*.

1. Восстановление 1024 отсчетов входного сигнала.

iblen новых отсчетов становятся доступными при каждом обращении к пороговому генератору. Пороговый генератор должен хранить 1024 отсчетов *iblen* и объединить эти отсчеты для точного восстановления 1024 последовательных отсчетов входного сигнала *si*, где *i* — индекс, 1 <= *i* <= 1024 текущего входного потока.

2. Вычисление комплексного спектра входного сигнала.

Во-первых, *si* взвешивается в окне Ханна длиной 1024, то есть

$$sw_i = s_i\left(0{,}5 - 0{,}5\cos\left(\frac{2\pi(i - 0{,}5)}{1024}\right)\right),$$

Следует обратить внимание на то, что на Уровне III может использоваться более короткое окно, при активном переключении окон, с соответствующим центрированием, согласно описанию кодера Уровня III.

Во-вторых, вычисляется стандартное прямое БПФ sw_i.

В-третьих, определяются амплитудная r_ω и фазовая f_ω составляющие преобразованного сигнала sw_i.

3. Вычисление предсказания *r* и *f*.

Предсказанные величины амплитуды, $\hat{r}_\omega$, и фазы $\hat{f}_\omega$ вычисляются по предшествующим двум пороговым блокам *r* и *f*.

$$\hat{r}_\omega = 2{,}0r_\omega(t-1) - r_\omega(t-2);$$

$$\hat{f}_\omega = 2{,}0f_\omega(t-1) - f_\omega(t-2),$$

где t — текущий номер блока;
$t-1$ — предыдущий блок;
$t-2$ — блок, предшествующий предыдущему блоку.

4. Вычисление меры неопределенности c_ω.

$$c_\omega = \frac{\left(\left(r_\omega \cos f_\omega - \hat{r}_\omega \cos \hat{t}_\omega\right)^2 + \left(r_\omega \sin f_\omega - \hat{r}_\omega \sin \hat{t}_\omega\right)^2\right)^{0,5}}{r_\omega + \mathrm{abs}\left(\hat{r}_\omega\right)}.$$

Ценой ухудшения качества эта мера может быть вычислена только для частотных линий в нижней части спектра. Расчет должен быть выполнен от постоянной составляющей до, по крайней мере, 3 кГц и предпочтительно — 7 кГц. Ограничение верхнего предела ниже 5,5 кГц может значительно ухудшить субъективную оценку алгоритма сжатия. Значения c_ω выше этого предела должны быть установлены равными 0,3. Лучшие результаты будут получены при вычислении c_ω до 20 кГц.

5. Вычисление энергии и неопределенности в разделах.

Энергия в каждом разделе e_b:

$$e_b = \sum_{\omega=\omega low_b}^{\omega high_b} {r_\omega}^2$$

и взвешенная неопределенность c_b:

$$c_b = \sum_{\omega=\omega low_b}^{\omega high_b} {r_\omega}^2 c_\omega .$$

Разбиение на разделы обеспечивает разрешение, приблизительно равное одной линии БПФ или 1/3 критической полосы. На нижних частотах одна линия БПФ соответствует одному разделу. На верхних частотах большая часть линии объединяется в один раздел. Границы разделов для каждой из трех частот дискретизации указаны в таблице Г.3. Эти значения будут использоваться в процессе вычисления порога.

Для каждой частоты дискретизации существует значение $b\max$, соответствующее самому большому значению b.

6. Вычисление свертки энергий и неопределенности разделов с функцией распределения маскирования:

$$ecb_b = \sum_{bb=1}^{b\max} e_{bb}\, sprdngf\left(bval_{bb}, bval_b\right);$$

$$ct_b = \sum_{bb=1}^{b\max} c_{bb}\, sprdngf\left(bval_{bb}, bval_b\right).$$

Поскольку ct_b взвешивается с энергией сигнала, оно должно быть нормализовано к cb_b.

$$cb_b = \frac{ct_b}{ecb_b}$$

Одновременно, из-за отсутствия нормирования распространяющейся функции, должно быть нормализовано ecb_b и вычислена нормализованная энергия en_b.

$$en_b = ecb_b * rnorm_b$$

Коэффициент нормализации $rnorm_b$:

$$rnorm_b = \frac{1}{\sum_{bb=0}^{b\max} sprdngf\left(bval_{bb}, bval_b\right)}$$

7. Преобразование cbb в индекс тональности tb_b.

$$tb_b = -0,299 - 0,43\ln\left(cb_b\right)$$

Каждый tb_b лежит в диапазоне $0 < tb_b < 1$.

8. Вычисление требуемого SNR в каждом разделе.

Необходимое отношение сигнал—шум, SNR_b:

$$SNR_b = \max\left(\min val_b, tb_b * TMN_b + \left(1 - tb_b\right) * NMT_b\right),$$

где $\max(a, b)$ — функция, возвращающая наибольшее значение из a и b;

TMN_b — значение для тонального маскера (в дБ) в разделе;

NMT_b — значение для шумового маскера (в дБ) в разделе, NMT_b = 5,5 дБ для всех b.

9. Вычисление отношения мощностей.

Отношение мощностей bc_b:

$$bc_b = 10^{-\frac{SNR_b}{10}}$$

10. Вычисление фактического энергетического порога nb_b.

$$nb_b = en_b bc_b$$

11. Распространение порога по линиям БПФ, nb_ω.

$$nb_\omega = \frac{nb_b}{\omega high_b - \omega low_b + 1}$$

12. Прибавление абсолютных порогов для получения прибавления энергетическому порогу слышимости, thr_ω

$$thr_\omega = \max\left(nb_\omega, absthr_\omega\right)$$

Значения *absthr* в дБ даны в таблицах Г.4 относительно уровня, соответствующего энергии БПФ синусоиды амплитудой ±1/2 *lsb*. Значения в дБ должны быть преобразованы в энергию после нормирования коэффициентов БПФ.

13. Регулирование пре-эха

На Уровне III выполняется регулирование пре-эха. Фактический процесс регулирования описывается в части спецификации кодера для Уровня III. Этот шаг пропускается для Уровней I и II.

14. Вычисление отношения сигнал-маска SMR_n.

Энергия в полосе *epartn*:

$$epart_n = \sum_{\omega=\omega low_n}^{\omega high_n} r_\omega^2$$

Затем, если ($\omega high_n$ = 1), то уровень шума в полосе, $npart_n$, вычисляется как

$$npart_n = \sum_{\omega=\omega low_n}^{\omega high_n} thr_\omega$$

иначе

$$npart_n = \min\left(thr_{\omega low_n}, ..., thr_{\omega high_n}\right) * \left(\omega high_n - \omega low_n + 1\right),$$

где min (*a,..., z*) — функция, возвращающая наименьшее положительное значение из *a ... z*.

Отношения, поступающие в кодер SMR_n, вычисляются как

$$SMR_n = 10 \lg\left(\frac{epart_n}{npart_n}\right)$$

Таблица Г.3а — Разделы для частоты дискретизации 32 кГц

Номер	ωlow	$\omega high$	*bval*	*minval*	*TMN*
1	1	1	0,00	0,0	24,5
2	2	4	0,63	0,0	24,5
3	5	7	1,56	20,0	24,5
4	8	10	2,50	20,0	24,5
5	11	13	3,44	20,0	24,5
6	14	16	4,34	20,0	24,5
7	17	19	5,17	20,0	24,5
8	20	22	5,94	20,0	24,5
9	23	25	6,63	17,0	24,5
10	26	28	7,28	15,0	24,5
11	29	31	7,90	15,0	24,5

Окончание таблицы Г.3а

Номер	ωlow	$\omega high$	*bval*	*minval*	*TMN*
12	32	34	8,50	10,0	24,5
13	35	37	9,06	7,0	24,5
14	38	41	9,65	7,0	24,5
15	42	45	10,28	4,4	24,8
16	46	49	10,87	4,4	25,4
17	50	53	11,41	4,5	25,9
18	54	57	11,92	4,5	26,4
19	58	61	12,39	4,5	26,9
20	62	65	12,83	4,5	27,3
21	66	70	13,29	4,5	27,8
22	71	75	13,78	4,5	28,3
23	76	81	14,27	4,5	28,8
24	82	87	14,76	4,5	29,3
25	88	93	15,22	4,5	29,7
26	94	99	15,63	4,5	30,1
27	100	106	16,06	4,5	30,6
28	107	113	16,47	4,5	31,0
29	114	120	16,86	4,5	31,4
30	121	129	17,25	4,5	31,8
31	130	138	17,65	4,5	32,2
32	139	148	18,05	4,5	32,5
33	149	159	18,42	4,5	32,9
34	160	170	18,81	4,5	33,3
35	171	183	19,18	4,5	33,7
36	184	196	19,55	4,5	34,1
37	197	210	19,93	4,5	34,4
38	211	225	20,29	4,5	34,8
39	226	240	20,65	4,5	35,2
40	241	258	21,02	4,5	35,5
41	259	279	21,38	4,5	35,9
42	280	300	21,74	4,5	36,2
43	301	326	22,10	4,5	36,6
44	327	354	22,44	4,5	36,9
45	355	382	22,79	4,5	37,3
46	383	420	23,14	4,5	37,6
47	421	458	23,49	4,5	38,0
48	459	496	23,83	4,5	38,3
49	497	513	24,07	4,5	38,6

Т а б л и ц а Г.3б — Разделы для частоты дискретизации 44,1 кГц

Номер	ωlow	ωhigh	bval	minval	TMN
1	1	1	0,00	0,0	24,5
2	2	2	0,43	0,0	24,5
3	3	3	0,86	0,0	24,5
4	4	4	1,29	20,0	24,5
5	5	5	1,72	20,0	24,5
6	6	6	2,15	20,0	24,5
7	7	7	2,58	20,0	24,5
8	8	8	3,01	20,0	24,5
9	9	9	3,45	20,0	24,5
10	10	10	3,88	20,0	24,5
11	11	11	4,28	20,0	24,5
12	12	12	4,67	20,0	24,5
13	13	13	5,06	20,0	24,5
14	14	14	5,42	20,0	24,5
15	15	15	5,77	20,0	24,5
16	16	16	6,11	17,0	24,5
17	17	19	6,73	17,0	24,5
18	20	22	7,61	15,0	24,5
19	23	25	8,44	10,0	24,5
20	26	28	9,21	7,0	24,5
21	29	31	9,88	7,0	24,5
22	32	34	10,51	4,4	25,0
23	35	37	11,11	4,5	25,6
24	38	40	11,65	4,5	26,2
25	41	44	12,24	4,5	26,7
26	45	48	12,85	4,5	27,4
27	49	52	13,41	4,5	27,9
28	53	56	13,94	4,5	28,4
29	57	60	14,42	4,5	28,9
30	61	64	14,86	4,5	29,4
31	65	69	15,32	4,5	29,8
32	70	74	15,79	4,5	30,3
33	75	80	16,26	4,5	30,8
34	81	86	16,73	4,5	31,2
35	87	93	17,19	4,5	31,7

Окончание таблицы Г.3б

Номер	ωlow	ωhigh	bval	minval	TMN
36	94	100	17,62	4,5	32,1
37	101	108	18,05	4,5	32,5
38	109	116	18,45	4,5	32,9
39	117	124	18,83	4,5	33,3
40	125	134	19,21	4,5	33,7
41	135	144	19,60	4,5	34,1
42	145	155	20,00	4,5	34,5
43	156	166	20,38	4,5	34,9
44	167	177	20,74	4,5	35,2
45	178	192	21,12	4,5	35,6
46	193	207	21,48	4,5	36,0
47	208	222	21,84	4,5	36,3
48	223	243	22,20	4,5	36,7
49	244	264	22,56	4,5	37,1
50	265	286	22,91	4,5	^37,4
51	287	314	23,26	4,5	37,8
52	315	342	23,60	4,5	38,1
53	343	371	23,95	4,5	38,4
54	372	401	24,30	4,5	38,8
55	402	431	24,65	4,5	39,1
56	432	469	25,00	4,5	39,5
57	470	513	25,33	3,5	39,8

Т а б л и ц а Г.3в — Разделы для частоты дискретизации 48 кГц

Номер	ωlow	ωhigh	bval	minval	TMN
1	1	1	0,00	0,0	24,5
2	2	2	0,47	0,0	24,5
3	3	3	0,94	0,0	24,5
4	4	4	1,41	20,0	24,5
5	5	5	1,88	20,0	24,5
6	6	6	2,34	20,0	24,5
7	7	7	2,81	20,0	24,5
8	8	8	3,28	20,0	24,5
9	9	9	3,75	20,0	24,5
10	10	10	4,20	20,0	24,5
11	11	11	4,63	20,0	24,5

Продолжение таблицы Г.3в

Номер	ω*low*	ω*high*	*bval*	*minval*	*TMN*
12	12	12	5,05	20,0	24,5
13	13	13	5,44	20,0	24,5
14	14	14	5,83	20,0	24,5
15	15	15	6,19	20,0	24,5
16	16	16	6,52	17,0	24,5
17	17	17	6,86	17,0	24,5
18	18	20	7,49	15,0	24,5
19	21	23	8,40	10,0	24,5
20	24	26	9,24	7,0	24,5
21	27	29	9,97	7,0	24,5
22	30	32	10,65	4,4	25,1
23	33	35	11,28	4,5	25,8
24	36	38	11,86	4,5	26,4
25	39	41	12,39	4,5	26,9
26	42	45	12,96	4,5	27,5
27	46	49	13,56	4,5	28,1
28	50	53	14,12	4,5	28,6
29	54	57	14,62	4,5	29,1
30	58	62	15,14	4,5	29,6
31	63	67	15,67	4,5	30,2
32	68	72	16,15	4,5	30,7
33	73	77	16,58	4,5	31,1
34	78	83	17,02	4,5	31,5
35	84	89	17,44	4,5	31,9
36	90	95	17,84	4,5	32,3
37	96	103	18,24	4,5	32,7
38	104	111	18,66	4,5	33,2
39	112	120	19,07	4,5	33,6
40	121	129	19,47	4,5	34,0
41	130	138	19,85	4,5	34,3
42	139	149	20,23	4,5	34,7
43	150	160	20,63	4,5	35,1
44	161	173	21,02	4,5	35,5
45	174	187	21,40	4,5	35,9
46	188	201	21,76	4,5	36,3

Окончание таблицы Г.3в

Номер	ω*low*	ω*high*	*bval*	*minval*	*TMN*
47	202	219	22,12	4,5	36,6
48	220	238	22,47	4,5	37,0
49	239	257	22,83	4,5	37,3
50	258	283	23,18	4,5	37,7
51	284	309	23,53	4,5	38,0
52	310	335	23,88	4,5	38,4
53	336	363	24,23	4,5	38,7
54	364	391	24,58	4,5	39,1
55	392	423	24,93	4,5	39,4
56	424	465	25,27	4,5	39,8
57	466	507	25,61	3,5	40,1
58	508	513	25,81	3,5	40,3

Т а б л и ц а Г.4а — Значения абсолютного порога слышимости для частоты дискретизации 32 кГц

Номер (линия)		*absthr*, дБ
Нижняя граница	Верхняя граница	
1	1	58,23
2	2	33,44
3	3	24,17
4	4	19,20
5	5	16,05
6	6	13,87
7	7	12,26
8	8	11,01
9	9	10,01
10	10	9,20
11	11	8,52
12	12	7,94
13	13	7,44
14	14	7,00
15	15	6,62
16	16	6,28
17	17	5,97
18	18	5,70
19	19	5,44
20	20	5,21
21	21	5,00
22	22	4,80
23	23	4,62
24	24	4,45
25	25	4,29
26	26	4,14
27	27	4,00
28	28	3,86
29	29	3,73
30	30	3,61
31	31	3,49
32	32	3,37
33	33	3,26
34	34	3,15

Номер (линия)		*absthr*, дБ
Нижняя граница	Верхняя граница	
35	35	3,04
36	36	2,93
37	37	2,83
38	38	2,73
39	39	2,63
40	40	2,53
41	41	2,42
42	42	2,32
43	43	2,22
44	44	2,12
45	45	2.02
46	46	1.92
47	47	1.81
48	48	1,71
49	50	1,49
51	52	1,27
53	54	1,04
55	56	0,80
57	57	0,55
59	60	0,29
61	62	0,02
63	64	–0,25
65	66	–0,54
67	68	–0,83
69	70	–1,12
71	72	–1,43
73	74	–1,73
75	76	–2,04
77	78	–2,34
79	80	–2,64
81	82	–2,93
83	84	–3,22
85	86	–3,49
87	88	–3,74

Продолжение таблицы Г.4а

Номер (линия)		*absthr*, дБ
Нижняя граница	Верхняя граница	
89	90	–3,98
91	92	–4,20
93	94	–4,40
95	96	–4,57
97	100	–4,82
101	104	–4,96
105	108	–4,97
109	112	–4,86
113	116	–4,63
117	120	–4,29
121	124	–3,87
125	128	–3,39
129	132	–2,86
133	136	–2,31
137	140	–1,77
141	144	–1,24
145	148	–0,74
149	152	–0,29
153	156	0,12
157	160	0,48
161	164	0,79
165	168	1,06
169	172	1,29
173	176	1,49
177	180	1,66
181	184	1,81
185	188	1,95
189	192	2,08
193	200	2,33
201	208	2,59
209	216	2,86
217	224	3,17
225	232	3,51
233	240	3,89

Номер (линия)		*absthr*, дБ
Нижняя граница	Верхняя граница	
241	248	4,31
249	256	4,79
257	264	5,31
265	272	5,88
273	280	6,50
281	288	7,19
289	296	7,93
297	304	8,75
305	312	9,63
313	320	10,58
321	328	11,60
329	336	12,71
337	344	13,90
345	352	15,18
353	360	16,54
361	368	18,01
369	376	19,57
377	384	21,23
385	392	23,01
393	400	24,90
401	408	26,90
409	416	29,03
417	424	31,28
425	432	33,67
433	440	36,19
441	448	38,86
449	456	41,67
457	464	44,63
465	472	47,76
473	480	51,03

Примечание — Значение 0 дБ соответствует уровню абсолютного порога слышимости на 96 дБ ниже уровня энергии синусоидальной волны с амплитудой ± 32760.

Т а б л и ц а Г.4б — Значения абсолютного порога слышимости для частоты дискретизации 44,1 кГц

Номер (линия)		*absthr*, дБ
Нижняя граница	Верхняя граница	
1	1	45,05
2	2	25,87
3	3	18,70
4	4	14,85
5	5	12,41
6	6	10,72
7	7	9,47
8	8	8,50
9	9	7,73
10	10	7,10
11	11	6,56
12	12	6,11
13	13	5,72
14	14	5,37
15	15	5,07
16	16	4,79
17	17	4,55
18	18	4,32
19	19	4,11
20	20	3,92
21	21	3,74
22	22	3,57
23	23	3,40
24	24	3,25
25	25	3,10
26	26	2,95
27	27	2,81
28	28	2,67
29	29	2,53
30	30	2,39
31	31	2,25
32	32	2,11
33	33	1,97
34	34	1,83

Номер (линия)		*absthr*, дБ
Нижняя граница	Верхняя граница	
35	35	1,68
36	36	1,53
37	37	1,38
38	38	1,23
39	39	1,07
40	40	0,90
41	41	0,74
42	42	0,56
43	43	0,39
44	44	0,21
45	45	0,02
46	46	–0,17
47	47	–0,36
48	48	–0,56
49	50	–0,96
51	52	–1,37
53	54	–1,79
55	56	–2,21
57	58	–2,63
59	60	–3,03
61	62	–3,41
63	64	–3,77
65	66	–4,09
67	68	–4,37
69	70	–4,60
71	72	–4,78
73	74	–4,91
75	76	–4,97
77	78	–4,98
79	80	–4,92
81	82	–4,81
83	84	–4,65
85	86	–4,43
87	88	–4,17

Окончание таблицы Г.4б

Номер (линия)		*absthr*, дБ
Нижняя граница	Верхняя граница	
89	90	–3,87
91	92	–3,54
93	94	–3,19
95	96	–2,82
97	100	–2,06
101	104	–1,33
105	108	–0,64
161	164	3,25
165	168	3,49
161	164	3,25
165	168	3,49
161	164	3,25
165	168	3,49
161	164	3,25
165	168	3,49
161	164	3,25
165	168	3,49
161	164	3,25
165	168	3,49
161	164	3,25
161	164	3,25
165	168	3,49
169	172	3,74
173	176	4,02
177	180	4,32
181	184	4,64
185	188	4,98
189	192	5,35
193	200	6,15
201	208	7,07
209	216	8,10
217	224	9,25
225	232	10,54
233	240	11,97
241	248	13,56
249	256	15,30
257	264	17,23
265	272	19,33
273	280	21,64
281	288	24,15
289	296	26,88
297	304	29,84
305	312	33,04
313	320	36,51
321	328	40,24
329	336	44,26
337	344	48,58
345	352	53,21
353	360	58,17
361	368	63,48
369	376	69,13
377	384	69,13
385	392	69,13
393	400	69,13
401	408	69,13
409	416	69,13
417	424	69,13
425	432	69,13
433	440	69,13
441	448	69,13
449	456	69,13
457	464	69,13

Примечание — Значение 0 дБ соответствует уровню абсолютного порога слышимости на 96 дБ ниже уровня энергии синусоидальной волны с амплитудой ±32760.

Т а б л и ц а Г.4в — Значения абсолютного порога слышимости для частоты дискретизации 48 кГц

Номер (линия)		*absthr*, дБ
Нижняя граница	Верхняя граница	
1	1	42,10
2	2	24,17
3	3	17,47
4	4	13,87
5	5	11,60
6	6	10,01
7	7	8,84
8	8	7,94
9	9	7,22
10	10	6,62
11	11	6,12
12	12	5,70
13	13	5,33
14	14	5,00
15	15	4,71
16	16	4,45
17	17	4,21
18	18	4,00
19	19	3,79
20	20	3,61
21	21	3,43
22	22	3,26
23	23	3,09
24	24	2,93
25	25	2,78
26	26	2,63
27	27	2,47
28	28	2,32
29	29	2,17
30	30	2,02
31	31	1,86
32	32	1,71
33	33	1,55
34	34	1,38
35	35	1,21

Номер (линия)		*absthr*, дБ
Нижняя граница	Верхняя граница	
36	36	1,04
37	37	0,86
38	38	0,67
39	39	0,49
40	40	0,29
41	41	0,09
42	42	–0,11
43	43	–0,32
44	44	–0,54
45	45	–0,75
46	46	–0,97
47	47	–1,20
48	48	–1,43
49	50	–1,88
51	52	–2,34
53	54	–2,79
55	56	–3,22
57	58	–3,62
59	60	–3,98
61	62	–4,30
63	64	–4,57
65	66	–4,77
67	68	–4,91
69	70	–4,98
71	72	–4,97
73	74	–4,90
75	76	–4,76
77	78	–4,55
79	80	–4,29
81	82	–3,99
83	84	–3,64
85	86	–3,26
87	88	–2,86
89	90	–2,45
91	92	–2,04

Окончание таблицы Г.4в

Номер (линия)		*absthr*, дБ
Нижняя граница	Верхняя граница	
93	94	–1,63
95	96	–1,24
97	100	–0,51
101	104	0,12
105	108	0,64
109	112	1,06
113	116	1,39
117	120	1,66
121	124	1,88
125	128	2,08
129	132	2,27
133	136	2,46
137	140	2,65
141	144	2,86
145	148	3,09
149	152	3,33
153	156	3,60
157	160	3,89
161	164	4,20
165	168	4,54
169	172	4,91
173	176	5,31
177	180	5,73
181	184	6,18
185	188	6,67
189	192	7,19
193	200	8,33
201	208	9,63
209	216	11,08
217	224	12,71
225	232	14,53
233	240	16,54
241	248	18,77
249	256	21,23
257	264	23,94
265	272	26,90
273	280	30,14
281	288	33,67
289	296	37,51
297	304	41,67
305	312	46,17
313	320	51,04
321	328	56,29
329	332	61,94
333	340	68,00
341	348	68,00
349	356	68,00
357	364	68,00
365	372	68,00
373	380	68,00
381	388	68,00
389	396	68,00
397	404	68,00
405	412	68,00
413	420	68,00
421	428	68,00

Примечание — Значение 0 дБ соответствует уровню абсолютного порога слышимости на 96 дБ ниже уровня энергии синусоидальной волны с амплитудой ±32760.

Т а б л и ц а Г.5 — Разделы для частоты дискретизации. Уровни I и II

Номер	ωlow_{n+1}, $\omega high_n$	$width_n$	Номер	ωlow_{n+1}, $\omega high_n$	$width_n$
0	1	0	17	273	1
1	17	0	18	289	1
2	33	0	19	305	1
3	49	0	20	321	1
4	65	0	21	337	1
5	81	0	22	353	1
6	97	0	23	369	1
7	113	0	24	385	1
8	129	0	25	401	1
9	145	0	26	417	1
10	161	0	27	433	1
11	177	0	28	449	1
12	193	0	29	465	1
13	209	1	30	481	1
14	225	1	31	497	1
15	241	1	32	513	1
16	257	1			

Приложение Д
(обязательное)

Разрядная чувствительность к ошибкам

Д.1 Общие сведения

В этом приложении приводится чувствительность отдельных битов к случайным ошибкам, если требуется защита от ошибок. Оценка чувствительности (от 0 до 5) приводится для каждого бита и отражает количество ухудшения вызванного одиночной ошибкой:

5 — катастрофическая;
4 — очень раздражающая;
3 — раздражающая;
2 — немного раздражающая;
1 — слышимая;
0 — нечувствительная.

Эти значения основываются не на результатах точных измерений, а, скорее, на знании кодека. Предполагается, что обнаружение ошибок не используется.

Некоторые поля потока битов не имеют фиксированной длины. Все биты этих полей оцениваются на чувствительность к ошибкам, даже если они не используются.

Для всех уровней предполагается, что самая высокая чувствительность к ошибкам у заголовка и проверочной информации.

Д.2 Уровни I и II

Параметры	Номер бита	Чувствительность
Распределение битов	Все биты	5
Выбор масштабных коэффициентов	Все биты	5
Масштабные коэффициенты	5 (*msb*)	4
	4	4
	3	4
	2	3
	1	2
	0 (*lsb*)	1
Субполосные отсчеты	8—16 (*msb*)	3
(в соответствии с распределением бит)	5—7	2
	3, 4	1
	(*lsb*) 0—2	0

Д.3 Уровень III

Параметры	Номер бита	Чувствительность
scfsi	Все биты	5
part2_3_length	Все биты	4
big_values	Все биты	3
global_gain	Все биты	5
scalefac_compress	Все биты	5
window_switching_flag	0	5

Окончание таблицы

Параметры	Номер бита	Чувствительность
block_type	Все биты	4
mked_block_flag	0	4
table_select	Все биты	5
*region*0*_count*	Все биты	3
*region*1*_count*	Все биты	3
preflag	0	2
scalefac_scale	0	2
*count*1*table_select*	0	3
Subblock_gain	2 (*msb*)	4
	1	3
	0 (*lsb*)	2
scale_fac [1)]	3 (*msb*)	3 (2)
	2	3 (2)
	1	2 (1)
	0 (*lsb*)	2 (1)
Huffmancodebits 0 [2)]	0... *n* — I	3—0

[1)] Длина *scalefac* зависит от *scale_fac _compress.* Значения разрядной чувствительности указаны для *scale_fac _scale* = 1 (если 0, то значение дается в круглых скобках).

[2)] Если *n* — число битов кода Хаффмана в одном блоке, то чувствительность уменьшается линейно от 3 до 0, так как номера битов меняются от 0 до *n* (от нижних до высоких частот).

Перестановка значений кода Хаффмана.

Для получения лучшей устойчивости к ошибкам в нижней части спектра значения кода Хаффмана могут передаваться не в их логическом порядке следования.

Если max_*hlen* — максимальная длина кодового слова Хаффмана по таблицам, которые используются для кодирования определенного блока, и *n* — число битов, используемых для кодирования данных блока (но не фрейма) методом Хаффмана, то *int*(*n*/max_*hlen*) слотов заполняются первыми словами кода начиная с нижних частот. Остальные кодовые комбинации помещаются в оставшееся место снова от нижних до высоких частот.

После чередования битов чувствительность бита *k+i*int* (*n*/max_*hlen*) уменьшается линейно от 3 до 0 с изменением *k* от 0 до *int*(*n*/max_*hlen*) — *I*, где *i* = 0,..., max_*hlen* — *I,* и *n* — число битов кода Хаффмана в одном блоке.

Это рекомендуемая практика для данных всех каналов Уровня III, где важна устойчивость к ошибкам.

Приложение Е
(обязательное)

Маскирование ошибок

Дополнительной функцией кодированного потока битов является наличие *CRC*-кода, который обеспечивает обнаружение некоторых ошибок в процессе декодирования. Расстояние Хэмминга для этого кода с обнаружением ошибок d=4, что позволяет обнаружить до 3 одиночных ошибочных битов или один ошибочный пакет длиной до 16 битов. Количество и позиция защищенных битов в пределах одного кодированного аудиофрейма обычно зависит от уровня, режима, скорости передачи данных и частоты дискретизации.

Это может быть использовано для управления стратегией маскирования ошибок в целях избежать серьезных ухудшений восстановленного сигнала из-за наличия ошибок в наиболее критичной части информации.

Для маскирования могут применяться известные методы, например метод информационной замены или отключение звука. Простой метод замены, при наличии ошибочного фрейма, заключается в замене его предыдущим (свободным от ошибок).

Приложение Ж
(обязательное)

Кодирование в режиме *joint stereo*

Ж.1 Кодирование *intensity stereo* на Уровнях I и II

Дополнительный метод кодирования joint stereo, используемый на Уровнях I и II, является кодированием *intensity stereo*. Кодирование *intensity stereo* используется для повышения качества звучания и/или уменьшения скорости передачи стереофонических сигналов. Увеличение скорости передачи обычно составляет приблизительно 10—30 кбит/с. Это требует незначительного дополнительного усложнения декодера, увеличение сложности кодера невелико и не влияет на задержку в кодере и декодере.

Результаты психоакустических исследований показывают, что на высоких частотах (приблизительно выше 2 кГц) локализация стереофонического образа в пределах критической полосы определяется огибающей во времени, а не временной микроструктурой аудиосигнала.

Основная идея кодирования *intensity stereo* состоит в том, что для некоторых субполос передача *ami* заменяется на субполосные отсчеты, при этом передается только суммарный сигнал, но с масштабными коэффициентами для левого и правого каналов, что позволяет таким образом сохранить стереофонический образ.

Блок-схемы кодера стерео и декодера, включая режим *intensity stereo*, показаны на рисунках Ж.1 и Ж.2. Во-первых, оценка делается из необходимой скорости передачи для левого и правого каналов. Если требуемая скорость передачи превышает доступную скорость передачи, то требуемая скорость передачи может быть уменьшена за счет установки нескольких субполос в режим *intensity stereo*. В зависимости от требуемой скорости передачи субполосы 16—31, 12—31, 8—31 или 4—31 могут быть установлены в режим *intensity stereo*. Для квантования этих объединенных субполос используется большее из двух значений распределения битов для левого и правого каналов.

Левые и правые сигналы субполосы поддиапазонов в объединенном режиме стерео добавляются. Эти новые сигналы субполосы масштабируются обычным способом, но первоначально масштабные коэффициенты левых и правых сигналов субполосы передаются согласно синтаксису потока битов. Квантование общих субполосных отсчетов, кодирование общих выборок и кодирование общего распределения битов выполняются таким же образом, как и в независимом кодировании.

Ж.2 *ms_stereo* и *intensity stereo* кодирование на Уровне III

На Уровне III может использоваться комбинация *ms_stereo* режима (сумма/разность) и режим *intensity stereo*.

1. Переключение *ms_stereo*.

Режим *ms_stereo* включается, если условие

$$\sum_{i=0}^{511}\left(rl_i^2 - rr_i^2\right) < 0{,}8\sum_{i=0}^{511}\left(rl_i^2 + rr_i^2\right)$$

истина. Значения rl_i и rr_i соответствуют энергиям спектральных линий БПФ левого и правого каналов, вычисленным в психоакустической модели.

2. Обработка *ms_stereo*:

- матрица *MS*.

В режиме *Ms_stereo* значения нормализованных среднего/бокового каналов *Mi/Si* передаются вместо значений левого/правого каналов L_i/R_i.

$$M_i = \frac{R_i + L_i}{\sqrt{2}},\ S_i = \frac{L_i - R_i}{\sqrt{2}}$$

- ограничение ширины канала *Si*.

Все значения S_i выше самой верхней полосы масштабного коэффициента обнуляются;

- разброс значений канала *Si*.

В каждой полосе масштабных коэффициентов *sb* обнуляются все пары малых значений (S_i, S_i+1).

$$if\left(S_i^2 + S_{i+1}^2\right) < ssb * \left(L_i^2 + L_{i+1}^2 + R_i^2 + R_{i+1}^2\right)\{$$

Si = 0; *Si*+1 = 0;

}

Следующие пороговые коэффициенты разностного канала применяются к полосам масштабных коэффициентов для *block_type!* = 2 («длинное» МДКП):

sb	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ssb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

sb	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ssb	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,50

3. Обработка *intensity stereo*.

Вычисление позиции *intensity stereo*.

Для каждой полосы масштабных коэффициентов *sb*, которая кодируется в режиме *intensity stereo*, выполняются следующие шаги:

$$-is_pcs_{sb} = \mathrm{NINT}\left(\frac{12}{\pi} * \mathrm{arctg}\left(\sqrt{\frac{L_Energy_{sb}}{R_Energy_{sb}}}\right)\right),$$

где $L_Energy_{sb}/R_Energy_{sb}$ обозначают сигнальные энергии левого/правого канала в пределах текущей полосы масштабных коэффициентов, и L_i/R_i являются преобразованными значениями.

$L_i = L_i + R_i$ для всех индексов *i* в пределах текущей полосы масштабных коэффициентов *sb*.

Ri = 0 для всех индексов *i* в пределах текущей полосы масштабных коэффициентов *sb*.

Позиция *intensity stereo is_possb* передается вместо масштабного коэффициента правого канала (всегда три бита, принимает значения от 0 до 6, 7 — недопустимое значение).

Полосы масштабных коэффициентов правого/разностного канала, содержащие только нули после кодирования, которые не принадлежат части *intensity_stereo*, должны быть переданы с масштабным коэффициентом '7' для отключения *intensity stereo*.

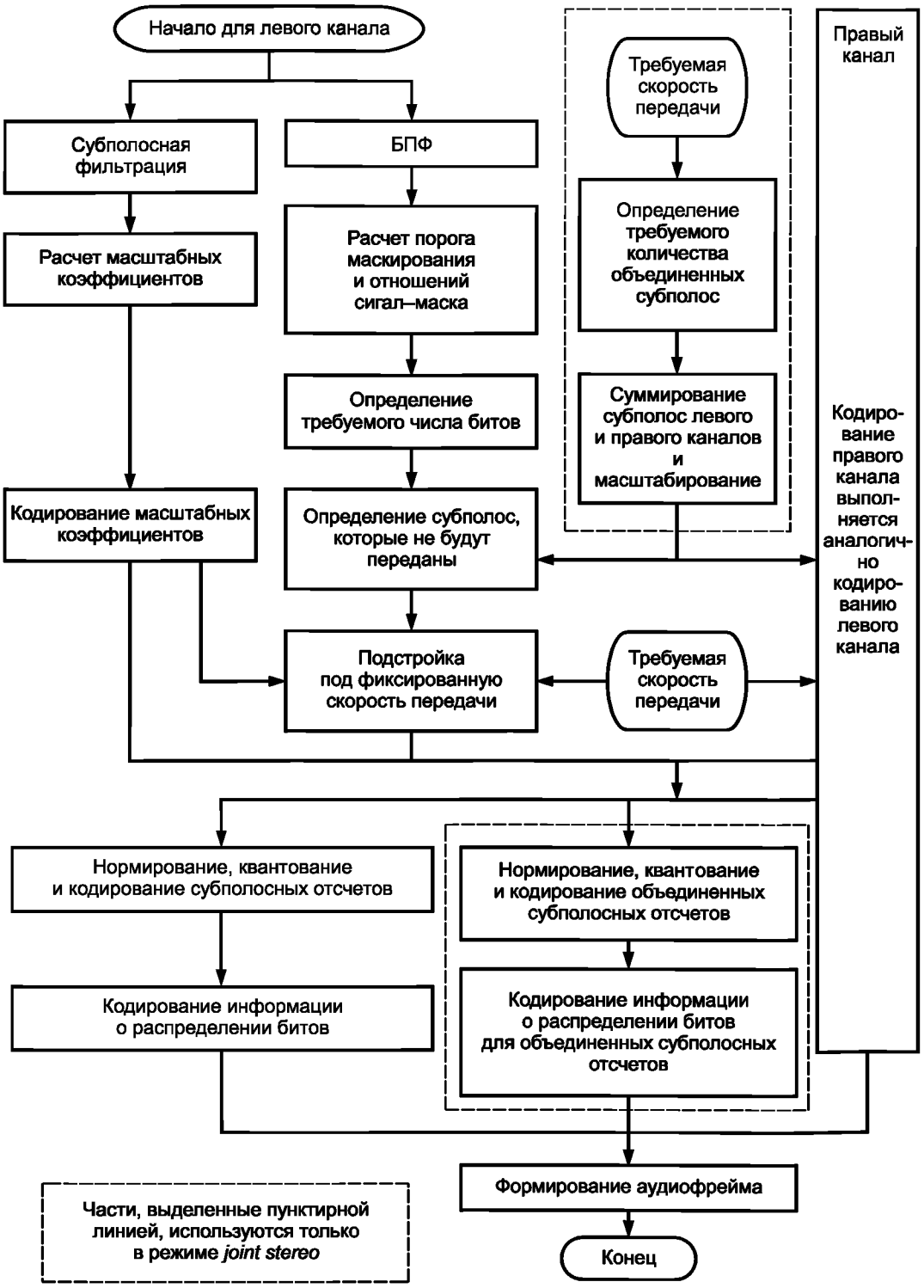


Рисунок Ж.1 — Общая блок-схема кодера стерео

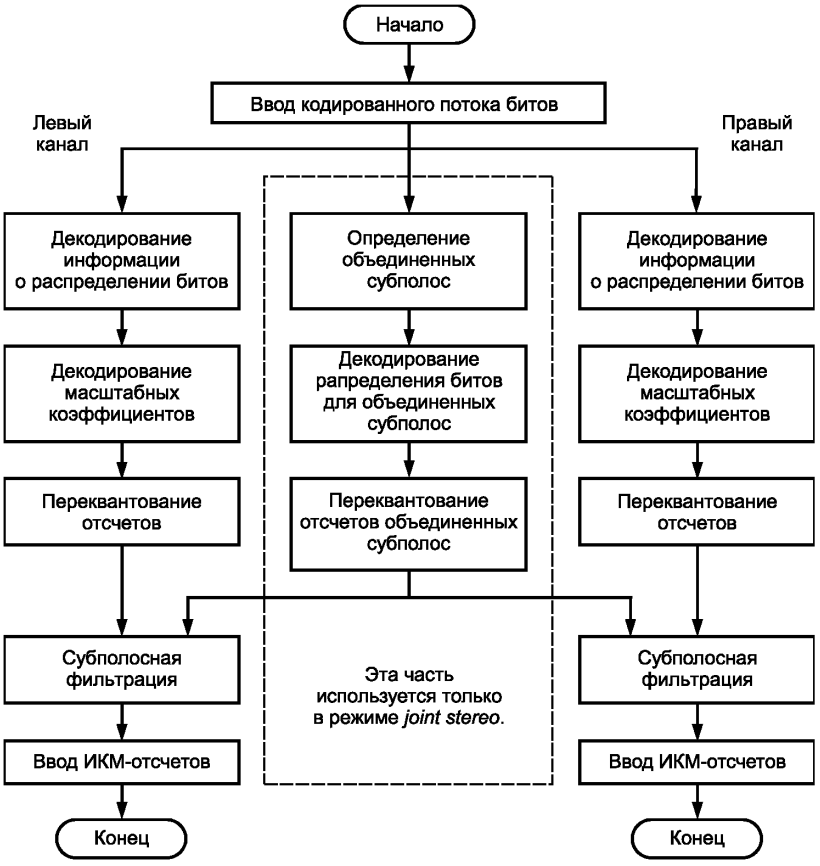


Рисунок Ж.2 — Общая блок-схема декодера стерео

Библиография

[1] ИСО/МЭК 11172-3:1993 Информационные технологии. Кодирование движущихся изображений и сопутствующего звука для цифровых носителей при скоростях до 1,5 Мбит/с. Часть 3. Аудио (ISO/IEC 11172-3:1993, Information technology — Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1,5 Mbit/s — Part 3: Audio)

УДК 621.396:006.354 ОКС 33.170

Ключевые слова: звуковое вещание, электрические параметры, технологии MPEG-кодирования, масштабирование, защита от ошибок

Редактор *К.С. Савинова*
Технический редактор *А.И. Белов*
Корректор *Н.М. Катаева*
Компьютерная верстка А.*С. Шаповаловой*

Сдано в набор 27.01.2014. Подписано в печать 20.02.2014. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 20,00. Уч.-изд. л. 16,204. Тираж 70 экз. Зак. 794.

Набрано в Издательском доме «Вебстер»

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256

gost.e-ecolog.ru