EBU

OPERATING EUROVISION AND EURORADIO

TECH 3344

GUIDELINES FOR DISTRIBUTION AND REPRODUCTION IN ACCORDANCE WITH EBU R 128

VERSION 2.0

Geneva
April 2016

EBU

OPERATING EUROVISION AND EURORADIO

TECH 3344

GUIDELINES FOR DISTRIBUTION AND REPRODUCTION IN ACCORDANCE WITH EBU R 128

Внимание!
Данный перевод **НЕ** претендует на аутентичность
и может содержать отдельные неточности.
Оригинал документа на сайте https://tech.ebu.ch

РУКОВОДСТВО ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЮ В СООТВЕТСТВИИ С EBU R 128

ВЕРСИЯ 2.0

Женева
Апрель 2016

Система обозначений

Настоящий документ содержит как нормативный, так и информативный текст.

Весь текст является нормативным, кроме Введения, разделов, отмеченных как «информативные», или отдельных параграфов, начинающихся с «Примечания».

Нормативный текст описывает обязательные или непреложные элементы. Он содержит ключевые слова «должен», «следует» или «можно», определяемые следующим образом:

«Должен» или «не должен»:	Указывает требования, которые нужно строго соблюдать и от которых не допускается отклонений для соответствия документу.
«Следует» или «не следует»:	Указывает, что один из нескольких вариантов рекомендуется как особенно подходящий, не упоминая и не исключая других. ИЛИ что определенный ход действий предпочтителен, но не обязателен. ИЛИ что (в отрицательной форме) определенный вариант или ход действий не рекомендуется, но не запрещается.
«Можно» или «можно не»:	Указывает ход действий, допустимый в рамках документа.

По умолчанию означает обязательные (в фразах, содержащих «должен») или рекомендуемые (в фразах, содержащих «следует») предустановки, которые могут быть опционально изменены пользователем или иметь другие опции в продвинутых приложениях. Обязательные установки по умолчанию должны поддерживаться. Поддержка рекомендуемых установок предпочтительна, но не обязательна.

Информативный текст потенциально полезен для пользователя, но не обязателен и может быть исключен, изменен или дополнен, не влияя на нормативный текст. Информативный текст не содержит ключевых слов соответствия.

Совместимая реализация включает все обязательные условия («должен») и все рекомендуемые условия («следует») в случае их реализации. Совместимая реализация не требует реализации опциональных условий («можно»).

Официальное уведомление

Хотя настоящий документ является результатом большой совместной работы группы EBU PLOUD, он не увидел бы свет без мастерства, отдачи и усилий Richard van Everdingen при поддержке Ian Rudd, который привел текст в форму публикации. Они заслуживают огромной благодарности.

Содержание

1. Область действия 5

2. Принципы распространения и воспроизведения телевизионных и радио служб..... 5

2.1 Задачи и основные принципы 5

2.2 Использование логотипа громкости EBU 6

TECH 3344 ЧАСТЬ 1 – РАСПРОСТРАНЕНИЕ 6

3. Распространение 6

3.1 Перечень соответствия Tech 3344 для распространения 6

3.2 Аналоговая телевизионная и FM радио передача по кабельным сетям 6

3.3 Громкость услуги 6

3.4 Головные узлы 8

3.5 Наземная аналоговое телевещание и наземное FM радиовещание 10

3.6 Согласованность громкости в мобильных сетях DAB/DAB+ и радиосетях FM 11

4. Установка уровня в аналоговых и цифровых системах распространения 11

4.1 Выравнивание уровня между системами и интерфейсами 11

4.2 Уровни модуляции для аналоговых телевизионных и радио систем 11

4.3 Графическое представление выравнивания уровня между системами и интерфейсами 13

4.4 Примечание по IEC EN60728-5 13

TECH 3344 ЧАСТЬ 2 – ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ 13

5. Воспроизведение 13

5.1 Перечень соответствия Tech 3344 для воспроизведения 13

5.2 Согласованность громкости и сведения с уменьшением числа каналов в бытовом оборудовании 13

6. Обработка звука и установка уровня в воспроизводящем оборудовании 14

6.1 Применение 14

6.2 Типы устройств 14

6.3 Типы кодеков 14

6.4 Установка громкости 15

6.4.1 MPEG-1 Layer II 15

6.4.2 AC-3 и E-AC-3 15

6.4.3 AC-4 15

6.4.4 MPEG-4 AAC и HE-AAC 15

6.4.5 MPEG-H 3D Audio 15

6.5 Выравнивание уровня между интерфейсами 15

6.6 Графическое представление обработки звука внутри устройств 17

6.7 Оборудование домашних кинотеатров с опорой −27 LUFS 17

6.8 Обработка звука в профессиональном IRD 17

6.9 Обработка звука в мобильных устройствах 17

6.10 Согласованность громкости в комбинированных радиоприемниках DAB/DAB+ и FM ... 17

6.11 Пользовательский контроль громкости 18

6.12 Согласованность транскодирования 18

6.13 Согласованность сквозного прохода потока битов 18

6.14 Контроль динамического диапазона 18

6.14.1 MPEG-1 Layer II …….. 18

6.14.2 AC-3 и E-AC-3 ……... 18

6.14.3 AC-4 ……... 19

6.14.4 MPEG-4 AAC и HE-AAC …… 19

6.14.5 MPEG-H 3D Audio …… 19

6.15 Поведение многоканального звука при сведении с уменьшением числа каналов 19

6.15.1 AC-3, E-AC-3 и AC-4 ……... 20

6.15.2 MPEG-4 AAC и HE-AAC …… 20

6.15.3 MPEG-H 3D Audio …….. 20

6.16 Поведение моно звука на стерео и многоканальных выходах 20

6.17 Установки звуковых предпочтений 20

6.18 Зависимость от HDMI E-EDID 20

6.19 Интерактивные приложения 20

6.20 Установка уровня аналогового выхода 20

Приложение A: Графическое представление выравнивания уровня между системами и интерфейсами …… 22

A.1 Пояснение 22

A.2 Установка уровня в системах B, B1, D, D1, G, H, K, K1, I и I1 25

A.3 Установка уровня в телевизионной системе L 26

A.4 Установка уровня в телевизионных системах NICAM B, B1, D1, G, H, K1 и L 27

A.5 Установка уровня в телевизионной системе NICAM I и I1 28

A.6 Установка уровня в FM стерео радио 29

A.7 Установка уровня в FM моно радио 30

Приложение B: Графическое представление обработки звука внутри устройства 31

B.1 Пояснение 31

B.2 Установка уровня в IRD 32

B.3 Установка уровня в IDTV 33

B.4 Установка уровня в медиа плеере 34

B.5 Установка уровня в персональном музыкальном плеере 35

B.6 Установка уровня в оборудовании домашнего кинотеатра 36

B.7 Установка уровня в комбинированных радиоприемниках DAB/DAB+ и FM 37

Приложение C: Ссылки и сокращения 38

C.1 Нормативные ссылки 38

C.2. Список сокращений 39

C.3. Для дальнейшего чтения 40

Руководство по системам распространения и воспроизведения в соответствии с EBU R 128

Комитет EBU	*Первый выпуск*	*Переработка*	*Переиздание*
TC	2011	2016	

Ключевые слова: Громкость, нормализация, передача, распространение, головной узел, бытовое оборудование, интегрированный приемник-декодер (IRD), интегрированный цифровой телевизор (IDTV), FM радио, DAB.

1. Область действия

Настоящий документ представляет руководство по распространению и воспроизведению в вещании. Руководство предназначено для определения соответствующих установок и обработки в цепи сигнала от студии до бытового оборудования.

Следующим сторонам рекомендуется соблюдать данный набор правил в целях взаимодействия между передачами членов EBU, следующих рекомендации по нормализации громкости EBU R 128 [1], и в целях согласованности воспроизведения в бытовом оборудовании:

- Дистрибьюторы контента – Компании, передающие радио и телевидение по кабельным, спутниковым, наземным каналам, IPTV или др.
- Индустрия вещательной электроники – Производители оборудования для распространения аудио и видео, профессиональных интегрированных приемников-декодеров, измерительных инструментов и устройств для адаптации уровня громкости.
- Индустрия бытовой электронной техники – Производители воспроизводящих устройств домашних кинотеатров (например, AV-приемников), медиа плееров и радиоприемников.

2. Принципы распространения и воспроизведения телевизионных и радио служб

2.1 Задачи и основные принципы

Для достижения согласованных уровней громкости между предприятиями, сетями распространения и вещания и – в конечном счете – слушателями нужно рассмотреть всю цепь вещания – производство, эфир и распространение. Документ включает требования и рекомендации по бытовому и профессиональному оборудованию и определяет уровни для кодирования, декодирования и модуляции.

Следующие базовые принципы применяются к нормализации громкости в соответствии с EBU R 128:

- Определение и согласованность свойств динамического диапазона радио или телевизионной службы для определенных платформ передачи – задача вещательных станций.

  Следовательно, главным ограничением является то, что свойства динамического диапазона ретранслированной услуги не должны меняться на этапе распространения, если это не требуется по техническим причинам, в частности, для адаптации сигнала к ограничениям системы распределения, например, для предотвращения перегрузок.

- Адаптация к системам передачи с частотной модуляцией и другим аналоговым системам или системам с предыскажением – задача распределительных компаний.

  Следовательно, рекомендуется переместить обработку для этих видов систем из студии на этап распространения вещательной цепи, избегая таким образом ненужных ограничений цифровых систем передачи. Следует отметить, что ограничение предыскажения, хоть и абсолютно необходимое в случае аналоговой модуляции, не должно применяться в сигналах только с цифровым распространением в целях обеспечения максимально прозрачного качества для цифровых слушателей.

- Спецификации приставок и интегрированных цифровых телевизоров, необходимые для гарантии оптимальной и неискаженной трансляции передач членов EBU – совместная задача организаций, определяющих требования к системам распространения и приема.

  Следовательно, распределительным компаниям рекомендуется следовать правилам данного документа и реализовать их в своих спецификациях и рабочих процессах. Дистрибьюторам рекомендуется активно поддерживать цель достижения нормализации громкости в телерадиовещании.

2.2 Использование логотипа громкости EBU

Любая компания, которая разрабатывает, производит, распространяет или иным образом сбывает, рекламирует или продвигает продукты, оборудование (например, «семейство продуктов») или услуги, поддерживающие управление уровнем сигнала в соответствии с EBU Tech Doc 3344, может бесплатно использовать изображенный ниже логотип громкости EBU для демонстрации технического соответствия продукта, оборудования или услуги спецификации EBU R 128. Детали см. по адресу https://tech.ebu.ch/loudness.

Рис. 1: Соответствие громкости EBU

TECH 3344 ЧАСТЬ 1 – РАСПРОСТРАНЕНИЕ

3. Распространение

В §§ 3 и 4 описаны правила для аудио распространения телевизионных и радиосигналов.

3.1 Перечень соответствия Tech 3344 для распространения

Определены следующие пункты для достижения соответствия с данным Tech Doc. Участвующие стороны: вещатели, дистрибьюторы контента и индустрия вещательного электронного оборудования.

Предмет	Раздел	Требование
Адаптация уровня громкости в системах распространения	3.4	Опционально
Выравнивание уровня между системами и интерфейсами	4.1	Обязательно
Уровни модуляции для аналоговых ТВ и радио систем	4.2	Обязательно
Ограничение (предыскажения) в аналоговых системах передачи	4.2	Обязательно

3.2 Аналоговая телевизионная и FM радио передача по кабельным сетям

Традиционно подготовка к телерадиовещанию производится поставщиком контента с учетом компенсации предыскажения и ограничений полосы частот и динамического диапазона. Однако основные средства распространения перешли на цифровую передачу. Вообще, аудио кодеки в этих системах не должны работать с аналоговыми ограничениями. Поэтому рекомендуется переложить ответственность за обработку предыскажения с поставщика контента на распределительные компании, передающие телевизионные и радио услуги с аналоговой модуляцией, обычно кабельных операторов. Это изменение должно стимулировать операторов к пониманию, что цифровое распространение во всех формах – включая цифровое телевидение по кабельным сетям – может пользоваться всеми возможностями цифры. Это также исключает ненужное затухание уровней громкости в цифровых сетях из-за эффекта обработки предыскажения. Этот подход применяется к радиосистеме FM, специфицированной в ITU-R BS.450-3 [2], и к телевизионным системам со звуковыми несущими FM, AM и NICAM, специфицированным в ITU-R BS.707 [3], с примечанием, что для AM системы L согласно ITU-R BT.2043 [4] предыскажение не используется. Для FM радио EBU Tech 3344 определяет опору громкости, независимую от стерео или моно модуляции и от обычного объема добавочных сигналов в FM мультиплексе.

3.3 Громкость услуги

В центральных аппаратных, а также на этапе распространения очень полезно измерять громкость ТВ и радиослужб в течение всего дня. Однако простое интегрированное измерение за 24 часа уязвимо к ошибкам, вызванным. например, программами только с фоновым звуком. Поэтому в этом Tech Doc определено измерение «Громкость услуги» (Service Loudness). Оно работает следующим образом: Громкость декодированных сигналов непрерывно измеряется в течение суток с разбивкой на 24 блока по 1 часу. Время начала блока 1 – 03:00, блока 24 – 02:00 следующего дня. Причина применения ночного времени – минимальное влияние на ежедневные программы в случае общей коррекции усиле-

ния. Интегрированное (I) измерение согласно EBU R 128 применяется к отдельным блокам. Для кодеков, использующих метаданные с указанием громкости, эта коррекция всегда включена в измерение для восстановления уровня воспроизведения. Измерительная система применяет опорный уровень громкости −23 LUFS для MPEG-1 Layer II и -31 LUFS для кодеков, передающих метаданные уровня громкости. Проверяются 24 блока за сутки, и значения блоков в пределах 2 LU от наибольшего значения интегрируются в домене питания. Это соответствует диапазону ±1 LU, который соответствует EBU R 128. Результат представляет усредненную максимальную громкость вещательной станции в интервале прайм-тайм. На Рис. 2 показано графическое представление измерения в случае MPEG-1 Layer II. На Рис. 3 показаны те же кодеки, передающие метаданные громкости. После Service Loudness также полезно измерить уровни реальных пиков в той же системе, однако в этом случае без коррекции метаданных громкости. Если эти уровни повторно поднимаются выше -1 dBTP до вычисления метаданных громкости, вещателю рекомендуется проверить лимитер реальных пиков. Однако битовые ошибки в приеме также могут генерировать срезание уровня сигнала.

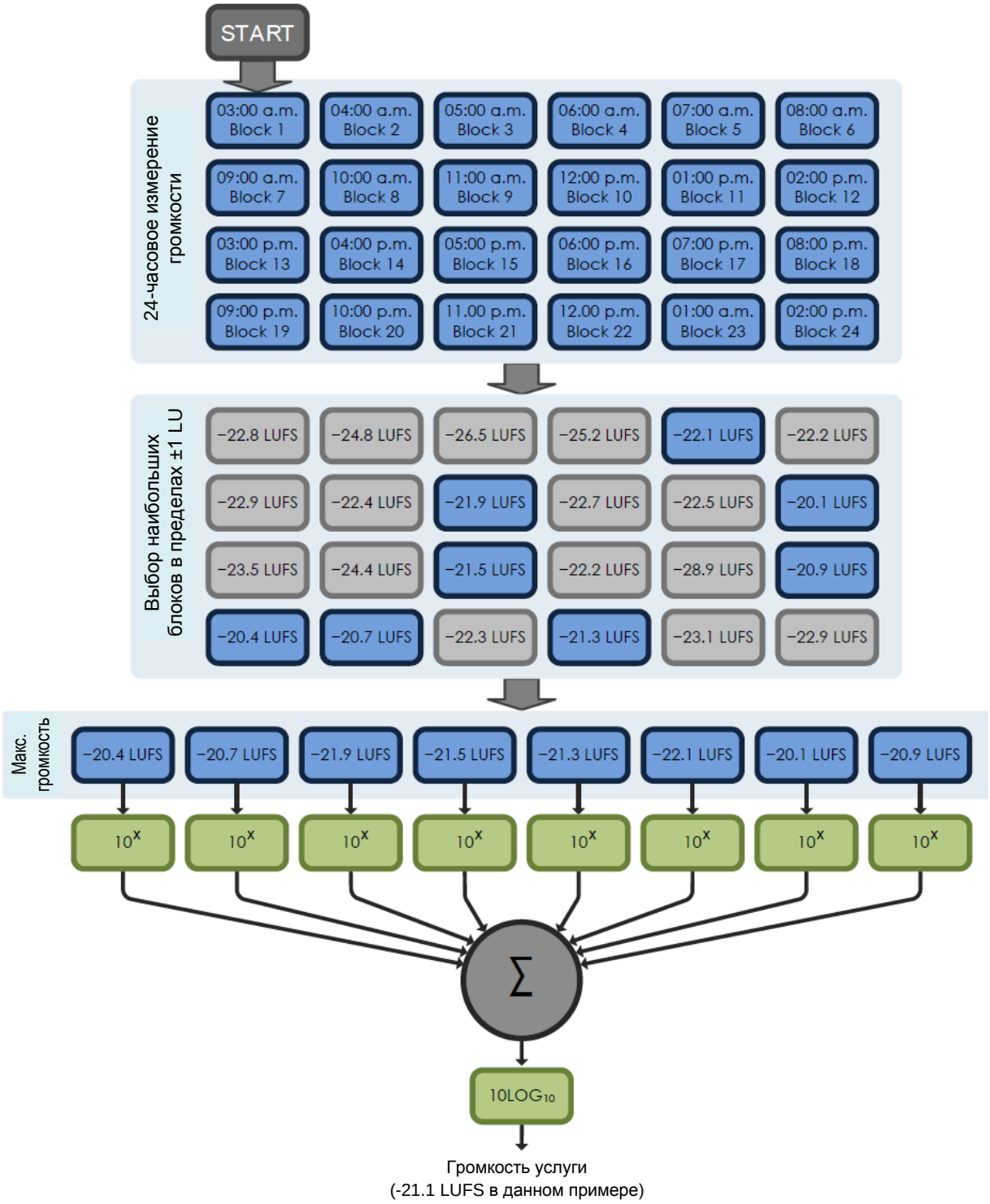


Рис. 2: Измерение Service Loudness для MPEG-1 Layer

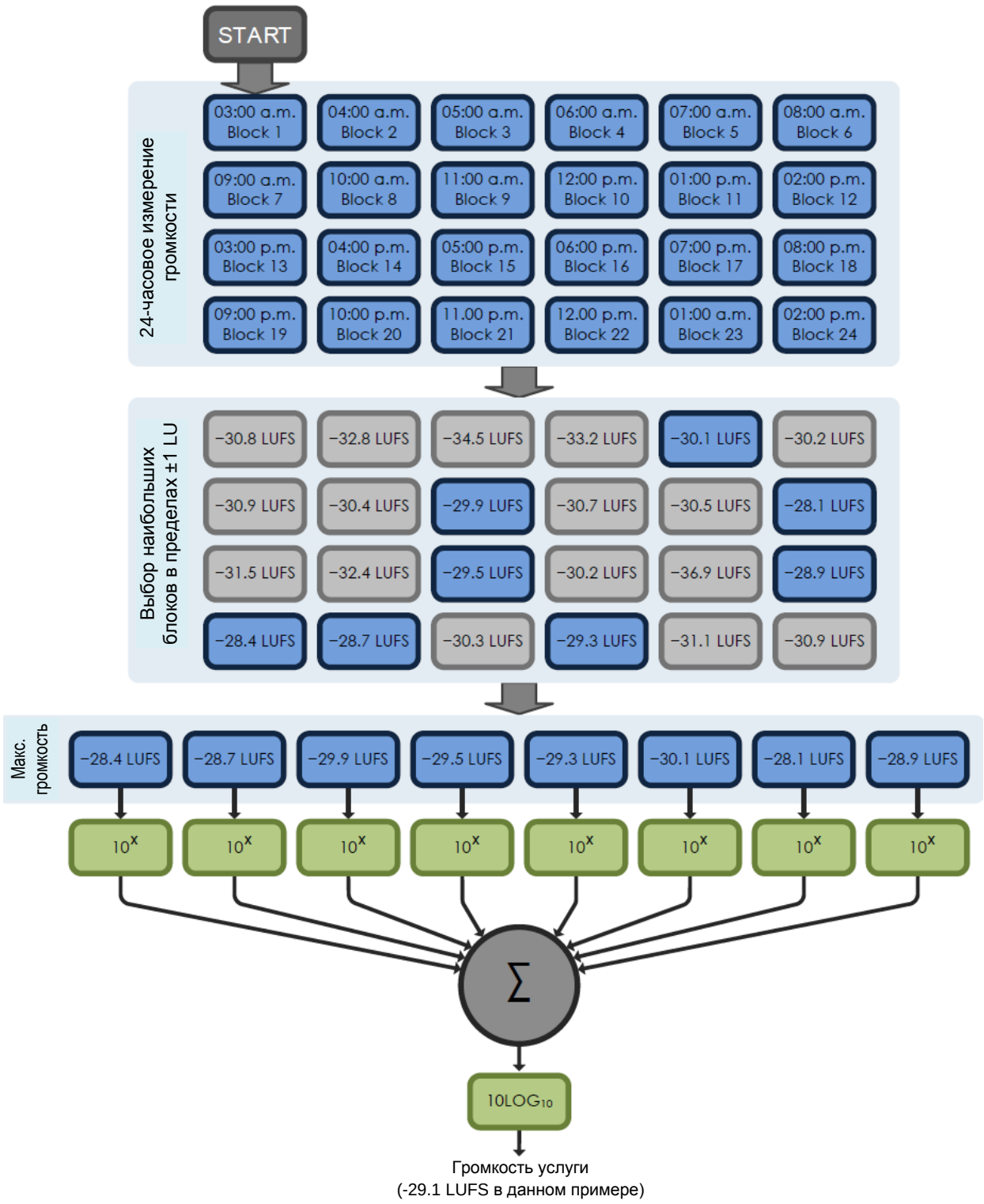


Рис. 3: Измерение Service Loudness для кодеков, передающих метаданные громкости

3.4 Головные узлы

На Рис. 4 приведен пример типичного головного узла DVB; из этого рисунка можно вывести его применение для других платформ, например, распространения IPTV. Мультиплексор сбора комбинирует услуги в транспортные потоки. При необходимости может присутствовать устройство адаптации громкости для коррекции услуг с Service Loudness, значительно отклоняющейся от целевого уровня EBU R 128 (подробности см. в Примечании 1 и § 3.3).

Для ТВ и радио систем с FM модуляцией рекомендуется применять ограничение предыскажения в соответствии или совместимо с ITU-R BS.642 [5]. Эта обработка может производиться специальным оборудованием или быть встроена в сам RF модулятор. Современное модуляционное оборудование

на основе цифровой генерации аналогового композитного сигнала дает возможности интеграции ограничения цифрового предыскажения и фильтрации нижних частот 15 kHz. Как показано на Рис. 4, добавленное преимущество состоит в том, что сигнал, предназначенный для цифрового телевидения, может использоваться и для подачи аналоговой модуляции.

Альтернативно вещательная станция может подавать отдельный аудио сигнал для аналогового распространения в дополнение к звуку, предназначенному для цифровой передачи. В системах DVB это можно сделать путем генерирования дополнительного аудио сигнала. По причинам, описанным в § 4.2, следует заметить, что в этом подходе уровни предыскажения в модуляторах могут иметь пики значительно выше уровня атаки лимитера предыскажения в студии, что уменьшает запас по уровню и может вызвать заметные искажения и другие артефакты. Поэтому предпочтительно включить ограничение предыскажения на этапе распространения, также учитывая рост количества услуг, обрабатываемых кабельными операторами без предварительной обработки вещательными станциями.

Примечание 1: В случае адаптации громкости на основе изменения коэффициентов масштабирования в системах кодеков MPEG-1 Layer и изменения метаданных громкости в других системах кодеков рекомендуется по умолчанию ограничить коррекцию воспроизводимого уровня громкости только затуханием. Это предлагается во избежание потенциального срезания на выходе декодера в системах MPEG-1 Layer и на выходе декодера с уменьшением числа каналов в многоканальных кодеках. Если, тем не менее, применяется усиление воспроизводимого уровня громкости, настоятельно рекомендуется постоянно учитывать обнаружение перегрузок для повышения уровня за большой период времени. В системах нормализации, подающих сигнал в аналоговое оборудование модуляции, рекомендуется разрешать и затухание, и усиление для оптимизации отношения сигнал-шум.

Рис. 4: Обработка звука в головном узле

3.5 Наземное аналоговое телевещание и наземное FM радиовещание

Традиционно сигнал в аналоговые передатчики для наземного телерадиовещания идет прямо из вещательной студии по высококачественной линии. До тех пор, пока аналоговая наземная передача остается активной, рекомендуется, чтобы цепь сигнала была отделена от аудио выхода, подающего сигнал в цифровые системы передачи, например, DVB, IPTV и DAB/DAB+, или следовать подходу для аналогового кабельного распределения, как описано в предыдущем разделе. При этом качество звука в цифровом распространении не будет ухудшаться из-за ограничений аналоговой системы передачи и можно избежать ненужного затухания уровней громкости из-за эффекта обработки предыскажения.. Установочные уровни и уровни модуляции те же, что для кабельных сетей, и содержатся в § 4.

Парадигма уровня громкости для FM радио в кабельных сетях, описанная в этом документе, может использоваться и для наземной FM радиопередачи и служить альтернативной стандарту наземного планирования ITU-R BS.412 [6]. Хотя описанный подход не может ни достичь строгого предела, ни поддерживать целевой уровень мощности MPX, если применение мощности MPX заменяется нормализацией громкости, задачи стандарта наземного планирования остаются, т.к. в среднем уровни мощности более или менее ограничены. Сдвиг к выравниванию возможен при желании в среднем более высокого уровня мощности MPX, в зависимости от местных правил. Рекомендуется, чтобы будущее законодательство было основано не только на общем максимальном FM отклонении или максимальной полосе частот (которая включает дополнительные сигналы типа пилот-сигнала и RDS), но и на долговременном уровне громкости. Концепция EBU Tech 3344 соответствует этим требованиям.

3.6 Согласованность громкости в мобильных сетях DAB/DAB+ и радиосетях FM

EBU Tech 3344 включает установку цифрового радио и FM радио через кабельные системы и наземное вещание. В наземных сетях FM радио и DAB/DAB+ уровень громкости одной радиослужбы исторически сильно отличается. Хотя в наземных сетях рекомендуется нормализация громкости согласно EBU Tech 3344, в спецификацию приемников FM радио и DAB/DAB+ в § 6.10 включено временное решение, создающее адаптивное соответствие громкости связанных служб.

4. Установка уровня в аналоговых и цифровых системах распространения

4.1 Выравнивание уровня между системами и интерфейсами

Этот раздел содержит обзор установки уровня для европейских систем телерадиовещания. Схемы установки соответствуют европейскому стандарту CENELEC EN50049 [7], определяющему интерфейс SCART. В этом разделе «приставка» называется «интегрированным приемником-декодером» (IRD).

4.2 Уровни модуляции для аналоговых телевизионных и радио систем

Если нормализация громкости на основе целевого уровня -23 LUFS применяется до аналогового модулятора, оборудование может устанавливаться по установке по умолчанию и не потребует дальнейшей регулировки уровней звука.

Для опоры используется синусоидальный тон 1 kHz согласно CENELEC EN50049. Пороги лимитера включают усиление предыскажения и основаны на реальных пиковых значениях.

Следующие установки должны использоваться для телевизионных систем согласно ITU-R BT.2043 и для FM радио:

Телевизионные системы	**B, B1, D, D1, G, H, K, K1, I и I1**
Модуляция	FM
Установка уровня (1,5)	-6.7 dBTP с синусоидальным сигналом 1 kHz в фазе в левом и правом каналах дает FM отклонение 50 kHz. -12 dBTP с синусоидальным сигналом 1 kHz в фазе в левом и правом каналах дает FM *отклонение 27.0 kHz.*
Порог лимитера (1,2)	*-6.7 dBTP* относительно 1 kHz (−7 dBTP можно использовать как практическое значение).
Ограничение предыскажения	50 µs
Фильтр нижних частот	15 kHz
Телевизионная система	**L**
Модуляция	AM
Установка уровня (1,5)	-7 dBTP с синусоидальным сигналом 1 kHz в фазе в левом и правом каналах дает глубину AM модуляции 96%. -12 dBTP с синусоидальным сигналом 1 kHz в фазе в левом и правом каналах дает глубину AM модуляции 54.0%.
Порог лимитера (1,2)	-7 dBTP
Ограничение предыскажения	Нет
Фильтр нижних частот	15 kHz
Телевизионные системы	**B, B1, D1, G, H, K1 и L**
Модуляция	NICAM
Установка уровня (1,5)	-12 dBTP с синусоидальным сигналом 1 kHz дает уровень цифрового кодирования -11.2 dBTP в модуляторе NICAM.
Порог лимитера (1,2)	-2 dBTP относительно 1 kHz.
Ограничение предыскажения	ITU-T J.17 [8]
Фильтр нижних частот	15 kHz

Телевизионные системы	**I и I1**
Модуляция	NICAM
Установка уровня (1,5)	-12 dBTP с синусоидальным сигналом 1 kHz дает уровень цифрового кодирования -15.8 dBTP в модуляторе NICAM.
Порог лимитера (2)	Опционально, 0 dBTP относительно 1 kHz.
Ограничение предыскажения	Опционально, ITU-T J.17
Фильтр нижних частот	15 kHz
Радио система	**ITU-R BS.450-3**
Модуляция	FM стерео
Установка уровня (1,3,5)	-9.7 dBTP с синусоидальным сигналом 1 kHz в фазе в левом и правом каналах дает FM отклонение 65 (75) kHz. -12 dBTP с синусоидальным сигналом 1 kHz в фазе в левом и правом каналах дает FM отклонение 50 (60) kHz.
Порог лимитера (1,2)	-9.7 dBTP относительно 1 kHz (−10 dBTP можно использовать как практическое значение).
Ограничение предыскажения	50 µs
Фильтр нижних частот	15 kHz
Радио система	**ITU-R BS.450-3**
Модуляция	FM моно (без пилот-сигнала без RDS)
Установка уровня (1,4,5)	-8.5 dBTP с синусоидальным сигналом 1 kHz дает FM отклонение 75 kHz. -12 dBTP с синусоидальным сигналом 1 kHz дает FM отклонение 50 kHz.
Порог лимитера (1,2)	-8.5 dBTP относительно 1 kHz (−9 dBTP можно использовать как практическое значение).
Ограничение предыскажения	50 µs
Фильтр нижних частот	15 kHz

Примечание 1: True Peak Level – максимальный пиковый уровень аудио сигнала, измеренный измерителем реальных пиков с передискретизацией. Если измерителя реальных пиков нет, для опоры можно использовать синусоидальный сигнал 997 Hz, кодированный на указанном уровне в dBFS.

Примечание 2: По следующим причинам может потребоваться уменьшение уровня лимитера предыскажения ***от нескольких десятых до нескольких dB*** *во избежание превышения максимально допустимой модуляции:*

- Возможны положительные выбросы между значением измерения реальных пиков на основе интерполирующего фильтра с 4-кратной передискретизацией (подробнее см. ITU-R BS.1770 [9]) и аналоговым уровнем после ЦАП. Эта максимальная разница менее 1 dB (обычно несколько десятых dB).
- Большинство стандартов передачи не указывают групповую задержку фильтра предыскажения. Поэтому бывают положительные выбросы, если лимитер основан на цифровом вычислении, а модулятор использует аналоговую RC-сеть. Современные модуляторы, генерирующие аналоговый композитный сигнал и предыскажение в цифре, обычно более точные.
- Положительные выбросы бывают, если между лимитером и модулятором есть кодек с потерями (например, MPEG-1 Layer II) и/или схемы, вводящие ошибки частотной характеристики или непостоянную групповую задержку.
- При использовании аналоговых интерфейсов возможны некоторые отклонения в точности уровня.

По этим причинам лучшая позиция лимитера предыскажения – прямое соединение или встраивание в сам модулятор.

Примечание 3: Пилот-сигнал, RDS и другие добавочные сигналы в стерео сигнале мультиплекса FM представляют в сумме FM отклонение 10 kHz. Перечисленные значения представляют FM отклонение, вызванное тоном 1 kHz, включая эффект усиления предыскажения. Значение в скобках представляет общее FM отклонение, включая пилот-сигнал, RDS и другие добавочные сигналы. Объем добавочных сигналов влияет только на максимальный запас по уровню для звука и соответствующий уровень лимитера. Во всех случаях опора громкости для измерения и установки однозначна и остается одинаковой.

Примечание 4: Эта установка действительна для моно передачи без добавочных сигналов. Перечисленные значения представляют FM отклонение, вызванное тоном 1 kHz, включая эффект усиления предыскажения. Любой добавочный сигнал в спектре уменьшает запас по уровню и соответствующий уровень лимитера. Для упрощения рабочих процедур можно использовать для моно сигналов тот же уровень лимитера, что и для FM стерео радио). Во всех случаях опора громкости для установки остается одинаковой.

Примечание 5: -12 dBTP соответствует аналоговому относительному уровню +6 dBu0s согласно ITU-R BS.645 [10]. В странах, где применяется коэффициент нормализации 0 dBrs, -12 dBTP соответствует абсолютному аналоговому уровню +6 dBu, а в странах с коэффициентом -3 dBrs – уровню +3 dBu.

4.3 Графическое представление выравнивания уровня между системами и интерфейсами

На рисунках в Приложении А дано графическое представление выравнивания уровня между системами и интерфейсами.

4.4 Примечание по IEC EN60728-5

Установочные уровни, описанные в этом документе, не соответствуют спецификациям уровня сигнала модулятора, описанным в п. 6.5.3 IEC EN60728-5 [11]. Поскольку в этот стандарт не включено никакой информации о громкости радио и телепередач, есть надежда, что в будущих ревизиях могут быть учтены EBU R 128 и EBU Tech 3344. Пока настоятельно рекомендуется игнорировать спецификацию входного уровня звука в этом стандарте.

TECH 3344 ЧАСТЬ 2 – ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

5. Воспроизведение

В §§ 5 и 6 описаны правила аудио воспроизведения радио и телевизионных сигналов.

5.1 Перечень соответствия Tech 3344 для воспроизведения

Определены следующие пункты для достижения соответствия с данным Tech Doc. Участвующие стороны: дистрибьюторы контента и индустрия бытового электронного оборудования.

Предмет	**Раздел**	**Требование**
Адаптация уровня −23 LUFS	6.4	Обязательно
Адаптация уровня −31 LUFS	6.4	Обязательно
Адаптация уровня −27 LUFS	6.7	Опционально
Выравнивание уровня между интерфейсами	6.5	Обязательно
Обработка уровня в мобильных устройствах	6.9	Обязательно
Контроль громкости для пользователя	6.11	Обязательно
Уровень громкости транскодирования и согласованность метаданных	6.12	Обязательно
Согласованность сквозного прохода потока битов	6.13	Обязательно
Контроль динамического диапазона	6.14	Обязательно
Поведение многоканального звука в сведении с уменьшением числа каналов	6.15	Обязательно
Поведение моно звука на стерео и многоканальных выходах	6.16	Обязательно
Установки звуковых предпочтений	6.17	Обязательно
Зависимость HDMI E-EDID	6.18	Опционально
Установка аналогового уровня	6.20	Обязательно

5.2 Согласованность громкости и сведения с уменьшением числа каналов в бытовом оборудовании

Когда сигналы, кодеки и интерфейсы сходятся в аудио устройстве, есть потенциальный риск различий в уровнях громкости. Приставка, телевизор и AV-приемник – примеры такого оборудования. Даже если каналы выходят из вещательной студии с корректными уровнями громкости, эти уровни трудно сохранять по всей цепи. Вследствие множества методов работы воспроизведение портится скачками громкости в 11 dB или более при переключении с одной услуги на другую, например. посредством приставки, подключенной к домашнему кинотеатру. Это бывает, если одна услуга использует, например, звук MPEG-1 Layer II, а другая передает AC-3. Звук MPEG-1 Layer II в этом случае обычно звучит громче. Использование внутреннего декодера приставки или телевизора может вести к скачку громкости 3 dB, но в противоположную сторону, т.е. сигнал AC-3 воспринимается громче, чем услуга MPEG-1 Layer II. Разница уровня и противоположное направление скачков громкости, возникающие между кодеками в зависимости от ситуации воспроизведения, не только ведут к путанице, но и означают, что вещательная станция не может решить проблему простой регулировкой входного уровня кодеров.

На практике такие вариации в цепи вещания могут увеличить или уменьшить разницу громкости между услугами. Поскольку выходной сигнал также может отличаться между марками и моделями приставок, в такой ситуации для вещательной станции передача с гарантированным результатом невозможна. Дело ухудшается тем, что AV-приемники изготавливаются разными способами; расхождения в 4 dB и более бывают между брендами и моделями одного бренда.

Последнее, но не менее важное – что приставки и IDTV редко имеют опцию выбора формата со сведением в стерео. Это либо Left only/Right only (Lo/Ro), либо Left total/Right total (Lt/Rt). Можно ожидать, что при отсутствии пользовательского выбора устройство последует предпочтениям вещателя и метаданных. Однако во многих случаях устройство программируется производителем на использование одной из этих схем. Это ведет к иному воспроизведению стереосигнала и случайным различиям в громкости. Системный дизайн опять-таки может отличаться между брендами и моделями одного бренда. Для решения всех этих проблем настоящий документ содержит обширное руководство для бытового оборудования.

6. Обработка звука и установка уровня в воспроизводящем оборудовании

6.1 Применение

Принципы, описанные в этом разделе, применимы к интегрированным приемникам=декодерам (IRD), интегрированным цифровым телевизорам (IDTV), медиа плеерам (включая мобильные устройства, например, персональные музыкальные плееры), домашним кинотеатрам и радиоприемникам DAB/DAB+/FM. Приставка называется здесь IRD.

6.2 Типы устройств

В целях определения соответствующего опорного уровня громкости типы устройств делятся на две группы:

- Устройства, которые можно охарактеризовать как стерео, например, телевизоры, системы Hi-Fi и персональные музыкальные плееры. Опора громкости для этого вида устройств −23 LUFS.
- Устройства, которые можно охарактеризовать как многоканальный объемный звук, например, домашние кинотеатры. Опора громкости для этого вида устройств −31 LUFS.

Примечание 1: Более продвинутые домашние кинотеатры могут включать отдельный декодер, применяющий уровень громкости PCM -23 LUFS для выхода на аналоговый стерео интерфейс RCA или стерео PCM на интерфейсы SPDIF и/или HDMI. Сигналы из других источников должны иметь усиление +8 dB на стерео выходах, как показано на Рис. B.6. Искажение вследствие числовой перегрузки можно предотвратить лимитером реальных пиков, как показано на том же рисунке.

Примечание 2: Декодер многоканального объемного звука должен иметь переключаемый пользователем режим сведения с уменьшением числа каналов для возможности стерео воспроизведения по умолчанию в левом и правом громкоговорителе многоканальной звуковой системы.

Примечание 3: Так называемое устройство Soundbar считается оборудованием домашнего кинотеатра.

6.3 Типы кодеков

Системы аудио кодирования для приложений цифрового телерадиовещания следующие, но не ограничиваются:

- MPEG-1 Layer II согласно ISO/IEC 11172-3 [12]
- AC-3 и E-AC-3 согласно ETSI TS 102 366 [13]
- AC-4 согласно ETSI TS 103 190 Part 1 [14]
- MPEG-4 AAC/HE-AAC согласно ISO/IEC 14496-3 [15]
- MPEG-H 3D Audio согласно ISO/IEC IS 23008-3 [16]

Некоторые из этих кодеков используют сопроводительные метаданные и параметр Programme Reference Level (PRL), а другие, например, MPEG-1 Layer II, не используют. В AC-3, E-AC-3 и AC-4 этот индикатор известен как ‘dialnorm’. MPEG-H 3D Audio называет это «громкостью программы». Для MPEG-1 Layer II и MPEG-4 AAC/HE-AAC, переданных без параметра PRL, аудиосигнал предполагается переданным со средней громкостью −23 LUFS. Для других кодеков предполагается. что параметр PRL установлен корректно.

6.4 Установка громкости

На Рис. 5 дано графическое представление головного бытового оборудования для подачи телерадиосигналов посредством кабельной сети распространения или спутникового тракта. Как видно, есть множество способов соединения между оборудованием и несколько вариантов применения внутренней обработки, каждый из которых вводит риск расхождения уровней.

Рис. 5 составлен следующим образом: После передачи по сети распространения телесигнал принимается интегрированным цифровым телевизором (IDTV) и/или интегрированным приемником-декодером (IRD), который может иметь несколько встроенных декодеров и интерфейсов. Пунктирные линии в блоке IDTV показывают, что в зависимости от бренда и модели одни устройства могут применять внутреннее декодирование битовых потоков кодека, идущих на вход HDMI, а другие не могут. Это отличие – одна из причин совершенно разного и сбивающего с толку поведения телевизоров в отношении уровней громкости, если они подключены, например, к IRD. Кроме того, телевизор может быть напрямую подключен к IRD, но также принимать входной сигнал из домашнего кинотеатра. Радиосигнал принимается домашним кинотеатром, IRD или отдельным тюнером FM или FM/DAB/DAB+.

Корректные уровни громкости показаны на выходах. Термин ‘LK’ означает громкость (Loudness, K-взвешенная; K-взвешивание – кривая фильтра, используемая в ITU-R BS.1770 в основе алгоритма измерения громкости). На аналоговых выходах термин ‘LK ≈’ означает эквивалентную PCM относительную громкость декодированного сигнала на основе преобразований, указанных в этом документе между уровнями в аналоговом и цифровом сегменте. Слово ‘max’ в термине ‘LK max ≈’ означает использование контроля громкости в устройстве, где максимальная установка соответствует указанному уровню громкости до опционального усиления мощности, которое может применяться на данном выходе.

Способ установки громкости зависит от кодека для передачи звука и подключенного устройства.

6.4.1 MPEG-1 Layer II

- Для опорного уровня громкости −23 LUFS не требуется изменения уровня сигнала.
- Для опорного уровня громкости −31 LUFS к сигналу применяется усиление −8 dB.

6.4.2 AC-3 и E-AC-3

- Для опорного уровня громкости −23 LUFS используется RF Mode, затем к сигналу применяется усиление −3 dB.
- Для опорного уровня громкости −31 LUFS используется Line Mode.

6.4.3 AC-4

- Для опорного уровня громкости −23 LUFS используется Flat Panel Mode.
- Для опорного уровня громкости −31 LUFS используется Home Theatre Mode.

6.4.4 MPEG-4 AAC и HE-AAC

- Для опорного уровня громкости −23 LUFS установите ‘target_level’ на −23 dBFS.
- Для опорного уровня громкости −31 LUFS установите ‘target_level’ на −31 dBFS.

6.4.5 MPEG-H 3D Audio

- Для опорного уровня громкости −23 LUFS установите ‘targetLoudness’ на −23 dBFS.
- Для опорного уровня громкости −31 LUFS установите ‘targetLoudness’ на −31 dBFS.

6.5 Выравнивание уровня между интерфейсами

Во избежание скачков громкости при переключении между выходом PCM и потоками битов кодека на выходах SPDIF и HDMI настоятельно рекомендуется включать выбранные данные через интерфейс пользователя. Цель – позволить выбор типа стокового устройства, подключенного к устройству-источнику, чтобы устройство-источник могло использовать соответствующий опорный уровень громкости. В настоящем Tech Doc можно выделить два режима:

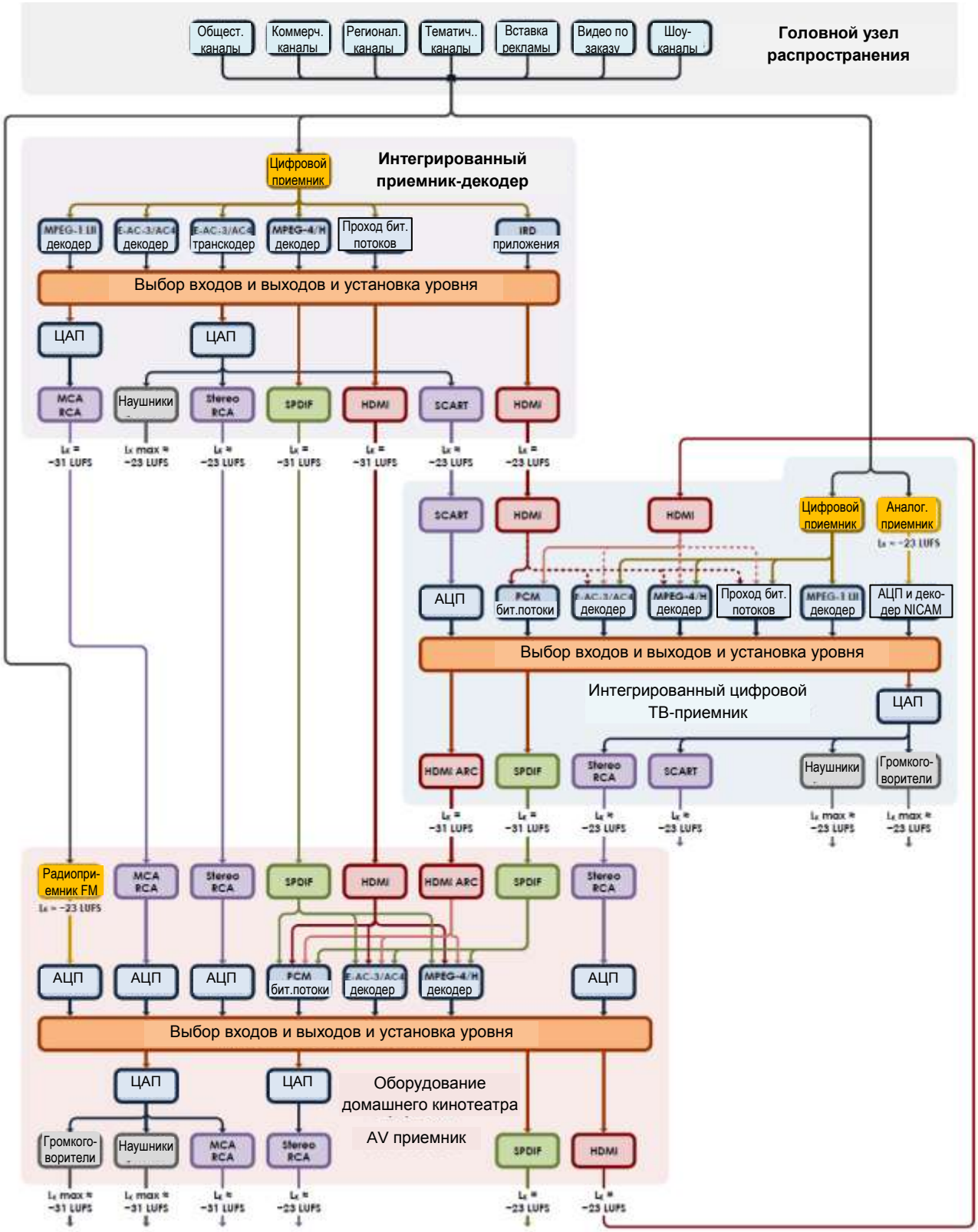


Рис. 5: Соединение бытового оборудования с указанными уровнями громкости

Режим	Описание
TV Mode	Выход соединяется со стоковым устройством, основанным на опорном уровне громкости −23 LUFS. Аттенюатор[1] в зависимости от меню устанавливается на 0 dB.
Home Theatre Mode	Выход соединяется со стоковым устройством, основанным на опорном уровне громкости −31 LUFS. Аттенюатор в зависимости от меню устанавливается на 8 dB, чтобы входящий уровень громкости −23 LUFS снижался до −31 LUFS, который является соответствующим опорным уровнем для оборудования домашних кинотеатров.

6.6 Графическое представление обработки звука внутри устройств

На рисунках в Приложении B дано графическое представление обработки звука и выравнивания уровня внутри устройств.

6.7 Оборудование домашних кинотеатров с опорой −27 LUFS

По-видимому, существенное количество домашних кинотеатров обрабатывает входные сигналы PCM с постоянным сдвигом 4 dB по сравнению с опорным уровнем громкости −31 LUFS. Сюда также относится оборудование, сертифицированное по спецификациям THX. Это касается и старых, и нынешних дизайнов. Такой сдвиг входных сигналов PCM считается нежелательным. Есть надежда, что этот документ будет учтен в будущих спецификациях оборудования домашних кинотеатров, что означает, что такого постоянного сдвига усиления сигналов PCM не будет. Тем не менее, для достижения согласованной громкости с таким оборудованием можно опционально включить альтернативный режим сдвига в IRD, IDTV и медиа плеер, где громкость выходных сигналов PCM настроена на −27 LUFS. Параметры установки уровня в Приложении A указывают эти уровни как ‘HTM Offset’.

6.8 Обработка звука в профессиональном IRD

Профессиональный IRD, который используется в студиях и центрах распространения, должен вести себя как приставка, где производится обработка звука. Принципы реализации особого варианта применения с интеграцией профессионального IRD в RF модулятор см. в § 3 и § 4.

6.9 Обработка звука в мобильных устройствах

Радио и телевизионные службы доступны на многих платформах распространения, включая Интернет и сети для мобильной телефонии. Для того, чтобы каждая платформа не требовала собственного целевого уровня на основе ограничений, например, максимального выходного уровня звука мобильных устройств типа персональных музыкальных плееров и телефонов, настоятельно рекомендуется, чтобы такое оборудование имело контроль громкости, показанный на Рис. B.5, с диапазоном, включающим достаточное положительное усиление, позволяющее целевой уровень -23 LUFS. Лимитер после схемы положительного усиления, но перед ЦАП и выходом на наушники предотвращает искажение вследствие числовой перегрузки.

Требования безопасности для предотвращения потери слуха можно решить программной симуляцией измерений акустического уровня выхода. Дозовый лимитер, показанный на Рис. B.5, непрерывно измеряет и контролирует выходной сигнал и обеспечивает защиту пользователя независимо от уровня громкости медиа контента. Эта базовая система предполагается стать частью прошивки плеера, но потенциально может работать в тандеме с более сложными функциями громкости в системах кодеков и/или приложениях Media Player. Таким образом, защита может подстраиваться в течение программы, песни или целого альбома.

6.10 Согласованность громкости в комбинированных радиоприемниках DAB/DAB+ и FM

Приемники, использующие сервисные каналы согласно ETSI TS 103 176 [17], должны содержать функцию, способную согласовывать громкость радиоприемника FM с громкостью приемника DAB/DAB+. На Рис. B.7 показана простая блок-схема рекомендуемого механизма согласования громкости. Каждый аудио выход приемника FM и DAB связанной службы анализируется на громкость аудио программ, интегрированную за определенное время, например, одну минуту. Результаты хра-

[1] Для уточнения см. цифры в Приложении B.

нятся в памяти, присвоенной ID станции. Разница громкости между DAB и FM контролирует каскад статического усиления в тракте FM, позволяя согласование громкости сигнала, представленного слушателю. Задержки звука в зависимости от услуги необходимы для компенсации разных задержек распространения обоих трактов. Ручная установка блока «каскад усиления» может отменить автоматическую обработку служб FM, которые не могут быть связаны с DAB. Настоятельно рекомендуется реализовать в меню пользователя изменяемую установку усиления по умолчанию, указанную блоком «Ручная установка громкости», которая может применяться в новых принятых услугах FM.

Вообще, рекомендуется оставлять выходной уровень декодера DAB без изменений для стимулирования использования интегрированного уровня громкости −23 LUFS в сетях передачи DAB. Однако, если производитель желает реализовать сдвиг усиления для DAB, настоятельно рекомендуется размещать его перед блоком «Анализ громкости и синхронизации». Установка уровня для FM радио будет автоматически следовать этому ручному сдвигу усиления.

В приемниках DAB/DAB+ с доступом в интернет и/или сеть скачки громкости могут испортить качество прослушивания, т.к. эти источники звука могут быть очень громкими. Хотя такие приложения, как доступ в интернет, не входят в рамки текущей ревизии данного документа, считается, что может быть полезно применить подход, идентичный FM радио.

6.11 Пользовательский контроль громкости

Контроль громкости, обеспечиваемый пользователю устройством-источником, не должен влиять на уровень сигнала на его цифровых выходах (SPDIF и HDMI). Вместо этого контроль громкости IRD должен предпочтительно использовать код дистанционного управления другого оборудования (например, телевизора и/или домашнего кинотеатра) или функцию HDMI Consumer Electronics Control (CEC).

6.12 Согласованность транскодирования

- При транскодировании из MPEG-4 AAC в AC-3 уровень звука должен быть сохранен, а метаданные должны транскодироваться для гарантии корректного уровня воспроизведения в декодировании.
- При транскодировании из MPEG-4 AAC в DTS звук должен декодироваться для получения опорного уровня громкости −31 LUFS перед кодированием в DTS.

6.13 Согласованность сквозного прохода потока битов

При прохождении битового потока кодека не должно быть изменений в аудиоданных или в метаданных.

6.14 Контроль динамического диапазона

Контроль динамического диапазона (DRC) может опционально использоваться в некоторых кодеках. Аудио декодер должен следовать метаданным, т.е. если, например, кодер не использует DRC, декодер не должен применять никакого контроля, кроме защиты от перегрузки. Способ использования DRC зависит от кодека, используемого для передачи звука, и от опорного уровня и описан в следующих разделах.

6.14.1 MPEG-1 Layer II

DRC не включен в этот кодек.

6.14.2 AC-3 и E-AC-3

- Для опорного уровня громкости −23 LUFS на стерео выходах используется RF Mode. Масштабирование слов усиления DRC не допускается.
- Для опорного уровня громкости −31 LUFS на многоканальных выходах используется Line Mode. В случае сведения многоканального звука с уменьшением числа каналов масштабирование слов отрицательного усиления не допускается. В противном случае допускается масштабирование слов усиления DRC.

6.14.3 AC-4

- Для опорного уровня громкости −23 LUFS на стерео выходах используется Flat Panel Mode. Масштабирование слов усиления DRC не допускается.
- Для опорного уровня громкости −31 LUFS на многоканальных выходах используется Home Theatre Mode. В случае сведения многоканального звука с уменьшением числа каналов масштабирование слов отрицательного усиления не допускается. В противном случае допускается масштабирование слов усиления DRC.

6.14.4 MPEG-4 AAC и HE-AAC

Декодер должен применять DRC в зависимости от DVB ‘drc_presentation_mode’ согласно ETSI TS 101 154 [18], Приложение C, п. C.5.2.2.3. Если ‘drc_presentation_mode’ не сигнализируется или установлен на ‘00’, следует предполагать либо mode 1, либо mode 2 согласно региональным спецификациям.

Если сигнализируется DRC presentation mode 1:

- Для опорного уровня громкости −23 LUFS на стерео выходах применяются метаданные DRC ‘compression_value’ согласно ETSI 101 154 Приложение C.5.2.2.3. Если этих метаданных нет, декодер должен вернуться к метаданным DRC в поле dynamic_range_info() ISO/IEC 14496−3. Масштабирование слов усиления DRC не допускается.
- Для опорного уровня громкости −31 LUFS на многоканальных выходах применяются метаданные DRC в поле dynamic_range_info() ISO/IEC 14496−3. В случае сведения многоканального звука с уменьшением числа каналов масштабирование слов отрицательного усиления не допускается. В противном случае допускается масштабирование слов усиления DRC.

Если сигнализируется DRC presentation mode 2:

- Для опорного уровня громкости −23 LUFS на стерео выходах применяются метаданные в поле dynamic_range_info() потока битов ISO/IEC 14496-3. Масштабирование слов отрицательного усиления не допускается.
- Для опорного уровня громкости −23 LUFS на монофоническом выходе применяются метаданные DRC ‘compression_value’, описанные в ETSI 101 154 Приложение C.5.2.5. Если этих метаданных нет, IRD должен вернуться к метаданным DRC в поле dynamic_range_info() ISO/IEC 14496−3. Масштабирование слов усиления DRC не допускается.
- Для опорного уровня громкости −31 LUFS на многоканальных выходах применяются метаданные DRC в поле dynamic_range_info() ISO/IEC 14496−3. В случае сведения многоканального звука с уменьшением числа каналов масштабирование слов отрицательного усиления не допускается. В противном случае допускается масштабирование слов усиления DRC.

6.14.5 MPEG-H 3D Audio

- Для опорного уровня громкости −23 LUFS на стерео выходах применяется набор DRC, связанный с целевым уровнем громкости −23 LUFS. Масштабирование слов отрицательного усиления. DRC не допускается.
- Для опорного уровня громкости −31 LUFS на многоканальных выходах применяется набор DRC, связанный с целевым уровнем громкости −31 LUFS. В случае сведения многоканального звука с уменьшением числа каналов масштабирование слов отрицательного усиления не допускается. В противном случае допускается масштабирование слов усиления DRC.

6.15 Поведение многоканального звука при сведении с уменьшением числа каналов

Многоканальные передачи часто воспроизводятся дома в двух громкоговорителях. Для этого (обычно) пять каналов комбинируются в два путем добавления определенной величины сигнала объемных каналов к передним каналам, а части сигнала центрального канала – к левому и правому. Эта величина может контролироваться коэффициентами down-mix, передаваемыми с аудио сигналом. В некоторых вещательных рекомендациях есть неоднозначность насчет необходимости масштабирования коэффициентов down-mix во избежание перегрузки сигнала, если все каналы содержат сигналы высокого уровня. Для сохранения согласованного уровня сигнала между многоканальными программами, сведенными с уменьшением числа каналов, и родными стерео программами это масштабирование применять не следует. Поставщик контента должен гарантировать включение в передачу достаточного запаса по уровню и/или значений контроля динамического диапазона для предотвращения перегрузок во время сведения. Способ использования DRC зависит от кодека, используемого для передачи звука, и от опорного уровня и описан в следующих разделах.

6.15.1 AC-3, E-AC-3 и AC-4

Рекомендуется, чтобы IRD, IDTV и медиа плеер включали следующую пользовательскую установку режима сведения с уменьшением числа каналов:

Пункт	Выбор	Описание
DOWN-MIX MODE	AUTO	IRD следует Preferred Stereo Down-mix Mode, сигнализированному в метаданных, если они есть в потоке битов.
Lo/Ro		IRD применяет режим сведения Left only/Right only.
Lt/Rt		IRD применяет режим сведения Left total/Right total.

Если пользовательская установка режима сведения не реализована, устройство должно следовать Preferred Stereo Down-mix Mode, сигнализированному в метаданных.

6.15.2 MPEG-4 AAC и HE-AAC

Декодер должен применять параметры сведения согласно ETSI 101 154 Приложение C 5.2.4, down-mixing_levels_MPEG-4 (параметр с большим разрешением ,чем в ISO/IEC 14496−3).

6.15.3 MPEG-H 3D Audio

Декодер должен применять параметры сведения DownmixMatrixSet( ) для целевой расстановки громкоговорителей, если она есть. Если параметров сведения нет, должен применяться down-mix конвертера форматов в декодере по умолчанию.

6.16 Поведение моно звука на стерео и многоканальных выходах

Оборудование должно гарантировать, что корректно сигнализированный моно аудиосигнал с уровнем громкости -23 LUFS будет иметь ту же громкость, измеренную на стерео или многоканальных выходах, что и корректно сигнализированный стерео сигнал с уровнем громкости -23 LUFS. Если это не обеспечивается в самом внутреннем декодере, общий принцип – снизить уровень выхода декодера на 3 dB до передачи на выходы левого и правого каналов.

6.17 Установки звуковых предпочтений

Служба может передавать более одного аудиосигнала. Вообще, пользователь может иметь или не иметь предпочтений по кодированным потокам AC-3, E-AC-3, AC-4, MPEG-4 или MPEG-H (если они поставляются с услугой) вместо MPEG-1 Layer II. Настоятельно рекомендуется включать в меню пользователя общую установку, помогающую пользователю автоматически выбрать предпочтительную установку при добавлении новой услуги и реализации установки, зависящей от услуги и хранящейся в долговременной памяти, которая отменяет общую установку и применяется, когда пользователь выберет ту же услугу в следующий раз.

6.18 Зависимость от HDMI E-EDID

Использование HDMI E-EDID для отмены выбора уровня громкости не рекомендуется, но опционально.

6.19 Интерактивные приложения

Интерактивные приложения в устройстве, использующие сопровождающий звук, можно согласовать с EBU R 128 путем заблаговременной нормализации звука, например, алгоритмом в программном обеспечении. В дизайне устройства необходимо учесть, чтобы установка сигнала соответствовала установке транслируемого звука через все аудио интерфейсы в целях достижения равного интегрированного уровня громкости.

6.20 Установка уровня аналогового выхода

Следующая установка уровня должна применяться к аналоговым входным и выходным интерфейсам:

Установка уровня для аналогового входа и выхода RCA и SCART [1, 2, 4]	−12 dBTP с синусоидальным тоном 1 kHz дает RMS уровень сигнала 502 mV (±1 dB).

Следующая установка уровня должна применяться к (балансным) интерфейсам XLR (или альтернативе) в профессиональном IRD:

Установка уровня для аналогового входа и выхода XLR (1, 2, 3)	−12 dBTP с синусоидальным тоном 1 kHz дает RMS уровень сигнала +6 dBu (±1 dB), если применяется коэффициент нормализации 0 dBrs. −12 dBTP с синусоидальным тоном 1 kHz дает RMS уровень сигнала +3 dBu (±1 dB), если применяется коэффициент нормализации −3 dBrs. Термин dBrs определен в ITU-R BS.645.

Примечание 1: True Peak Level – максимальный пиковый уровень аудио сигнала, измеренный измерителем реальных пиковых значений с передискретизацией. Если такого измерителя нет, можно использовать для опоры синусоидальный тон 997 Hz, кодированный с указанным уровнем в dBFS.

Примечание 2 Для уменьшения затухания на выходном уровне рекомендуется, чтобы импеданс источника выходного интерфейса был как можно меньше, пока выходной сигнал остается безусловно стабильным. CENELEC EN50049 определяет выходной импеданс между 300 Ω и 1000 Ω для выходного аудио интерфейса SCART. Рекомендуется применять 300 Ω для снижения отклонений уровня громкости.

Примечание 3: Если сигнал с выходов XLR (или альтернатива) профессионального IRD идет на вход головного RF модулятора, настоятельно рекомендуется компенсировать разброс уровня вследствие импеданса источника и нагрузки и других отклонений.

Примечание 4: Установку для аналоговых систем модуляции можно найти в § 4 и Приложении.

Приложение А: Графическое представление выравнивания уровня между системами и интерфейсами

А.1 Пояснения

Цифры в § А.2 - § А.7 являются графическим представлением установки уровня между системами и интерфейсами. Такое соотношение уровня сигнала действительно только для всех систем с одновременным использованием установочного синусоидального тона в левом и правом каналах.

Красные линии представляют максимальный пиковый уровень передачи. Пурпурные линии показывают уровень лимитера для систем передачи и соответствующее выравнивание по входным и выходным интерфейсам. Если пурпурная линия не видна, красная линия остается на том же уровне. Левая сторона красных полос представляет максимальный уровень пиков, допустимый в интерфейсе или системе кодека. В случае синусоидального сигнала 1 kHz красные линии указывают уровни, которые можно измерить. Уровень программного материала может иметь пиковые значения выше красной линии в выходных интерфейсах систем из-за положительных выбросов в системе кодека. Эти выбросы, однако, не должны попадать в диапазон красных полос, т.к. это ведет к срезанию и искажению. Поэтому на основе измерений передачи может потребоваться уменьшение уровня лимитера перед системой кодека, например, если используются относительно низкие битрейты, обычно ведущие к росту положительных выбросов. При высоких битрейтах возможен более высокий уровень лимитера. Серые линии подчеркивают соотношение выравнивания на уровнях, имеющих особое значение:

- -12 dBTP соответствует опорному уровню, определенному в CENELEC EN 50049. EBU Tech 3344 полностью совместим с этим стандартом.
- -18 dBTP – установочный сигнал согласно ITU-R BS.645. Уровень сигнала, который должен присутствовать на входе и выходе нескольких систем кодеков, систем RF модуляции и интерфейсов, можно считать из графика.
- -23 dBTP – уровень сигнала с синусоидальным тоном 1 kHz в левом и правом каналах, эквивалентный уровню громкости -23 LUFS. Этот уровень особенно полезен при использовании для проверки выравнивания измерителя громкости, соответствующего EBU R 128.

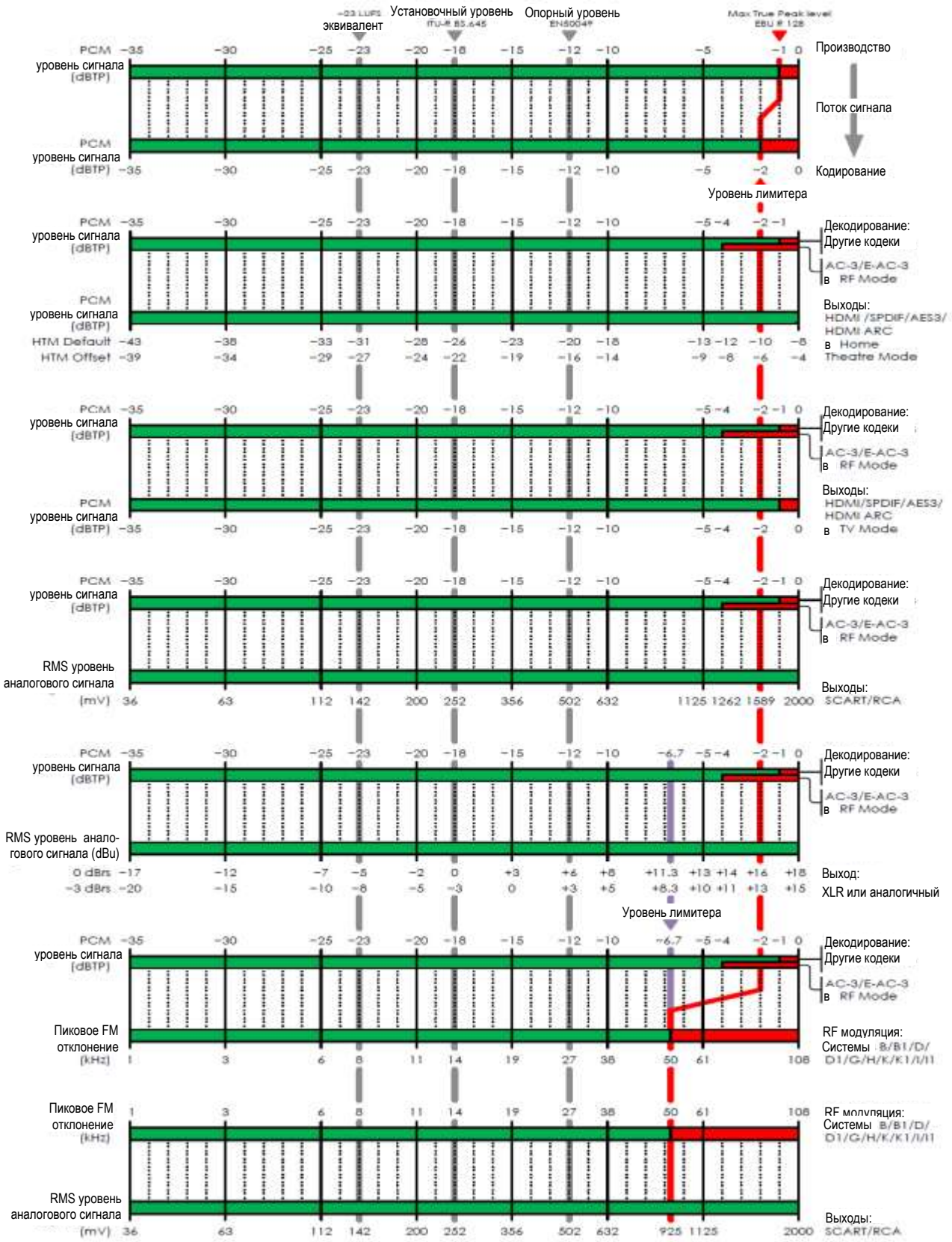
Следующая таблица описывает полосы уровней звука сверху вниз:

Тема	**Описание**
Уровень производства	Это уровень цифрового аудио сигнала, измеренный в dBTP исходного аудио материала, загруженного и воспроизведенного в вещательной студии. Согласно EBU R 128, лимит производственного уровня определен в -1 dBTP. Этот уровень включает максимальное заниженное показание измерителя реальных пиковых значений с интерполирующим фильтром с 4-кратной передискретизацией (подробнее см. ITU-R BS.1770).
Уровень кодирования	Это уровень цифрового аудио сигнала, измеренный в dBTP кодированного звука с использованием одного из кодеков перечисленных в настоящем документе, с обычно применяемыми битрейтами. Красная линия представляет максимальный пиковый уровень. На практике это значит, что сигнал должен проходить через конечный пиковый лимитер, установленный на уровне -3 dBTP, прежде чем попасть в кодер. При относительно низких битрейтах может потребоваться уменьшить уровень лимитера перед системой кодека. При высоких битрейтах возможен более высокий уровень лимитера.
Уровень декодирования	Это уровень цифрового сигнала, измеренный в dBTP декодированного звука, с использованием одного из кодеков, упомянутых в этом документе. Соотношение уровня сигнала будет другим при использовании другого значения dialnorm или Programme Reference Level, чем соответствующее целевому уровню EBU R 128 -23 LUFS. В случае программного материала выходной уровень декодера может иметь пики выше входного уровня из-за положительных выбросов. Эти выбросы, однако, должны оставаться ниже уровней, указанных красными полосами. При относительно низких битрейтах график может использоваться для сравнения измеренных уровней с указанными максимальными уровнями для проверки необходимости уменьшения уровня лимитера.

Тема	Описание
	Для декодера AC-3/E-AC-3 в RF Mode показаны другие максимальные уровни пиков. Вследствие внутреннего опорного уровня громкости -20 LUFS в декодере AC-3/E-AC-3, который снижается до -23 LUFS на 3 dB, фактический уровень срезания с синусоидальным тоном 1 kHz будет -3 dBTP. Поэтому максимальный рекомендованный выходной уровень декодера AC-3/E-AC-3 RF Mode для программного материала показан как -4 dBTP (на 1 dB ниже). Рекомендуемый уровень студийного лимитера -2 dBTP превышает максимальный порог. Тем не менее, это не ошибка. Поскольку система AC-3/E-AC-3 содержит внутреннюю защиту от перегрузки, максимальный пиковый уровень для кодирования не нужно понижать.
Выходы: HDMI/SPDIF/AES3 HDMI ARC/ в Home Theatre Mode	Это уровень цифрового сигнала PCM декодированного звука, измеренный в dBTP в HDMI, HDMI ARC (Audio Return Channel), SPDIF или интерфейсе AES3, если IRD, IDTV или медиа плеер работают в Home Theatre Mode (подробнее в § 6.5). Две строки показывают выходные уровни, HTM Default' или HTM Offset' (подробнее см. § 6.7). Поддержка уровня сдвига опциональна.
Выходы: HDMI/SPDIF/AES3/ HDMI ARC/ in TV Mode	Это уровень цифрового сигнала PCM декодированного звука, измеренный в dBTP в HDMI ARC, SPDIF или интерфейсе AES3, если IRD, IDTV или медиа плеер работает в TV Mode (подробнее см. § 6.5).
Выходы: интерфейс SCART или RCA	Это RMS уровень аналогового сигнала, измеренный в милливольтах, декодированного звука на выходах SCART или RCA IRD, IDTV или медиа плеера. Представляет также RMS уровень аналогового сигнала, измеренный в милливольтах, на выходах SCART или RCA телевизора с использованием интерфейса HDMI или SPDIF в качестве входа.
Выход: XLR или аналогичный интерфейс	Это декодированный аналоговый аудио сигнал RMS, измеренный на балансных выходах XLR (или альтернативных) профессионального IRD. Для примера относительные уровни в dBu0s показаны как абсолютные уровни в dBu, если применяется коэффициент нормализации соответственно 0 dBrs или -3 dBrs, согласно ITU-R BS.645.
RF модуляция: Системы B, B1, D, D1, G, H, K1, I и I1	Это пиковое FM отклонение, измеренное в kHz в результате декодированного звука, включая эффект усиления предыскажения, соединенного со входом RF модулятора. Красная линия представляет максимальный пиковый уровень. На практике это значит, что сигнал должен проходить конечный лимитер пиков предыскажения, установленный на уровень -6.7 dBTP, до попадания в модулятор (-7 dBTP – практическая установка, т.к. лимитеры могут страдать от некоторого объема положительных выбросов). Пурпурная линия показывает установку уровня лимитера. Лимитер также может быть встроен в сам модулятор. По причинам, описанным в § 4.2, может потребоваться снижение уровня лимитера.
RF модуляция: Система L	Эта пиковая глубина AM модуляции, измеренная в процентах в результате подачи декодированного звука на вход RF модулятора. Красная линия представляет максимальный пиковый уровень. На практике это значит, что сигнал должен проходить конечный лимитер, установленный на уровень -7 dBTP, до попадания в модулятор. Пурпурная линия означает выравнивание уровня лимитера. Лимитер также может быть встроен в сам модулятор. По причинам, описанным в § 4.2, может потребоваться снижение уровня лимитера.
RF модуляция: NICAM 728 системы B, B1, D1, G, H, K1 и L	Это уровень цифрового кодирования внутри модулятора NICAM, измеренный в dBTP в результате декодированного звука, включая эффект усиления предыскажения, соединенного со входом RF модулятора NICAM. Красная линия представляет максимальный пиковый уровень. На практике это значит, что сигнал должен проходить конечный лимитер, установленный на уровень -2 dBTP, до попадания в модулятор. Пурпурная линия означает выравнивание уровня лимитера. Лимитер также может быть встроен в сам модулятор. По причинам, описанным в § 4.2, может потребоваться снижение уровня лимитера.
RF модуляция: NICAM 728 системы I и I1	Это уровень цифрового кодирования внутри модулятора NICAM, измеренный в dBTP в результате декодированного звука, включая эффект усиления предыскажения, соединенного со входом RF модулятора NICAM. Поскольку в NICAM системе I запас по уровню больше, чем в других системах, конечный лимитер пиков предыскажения опционален.

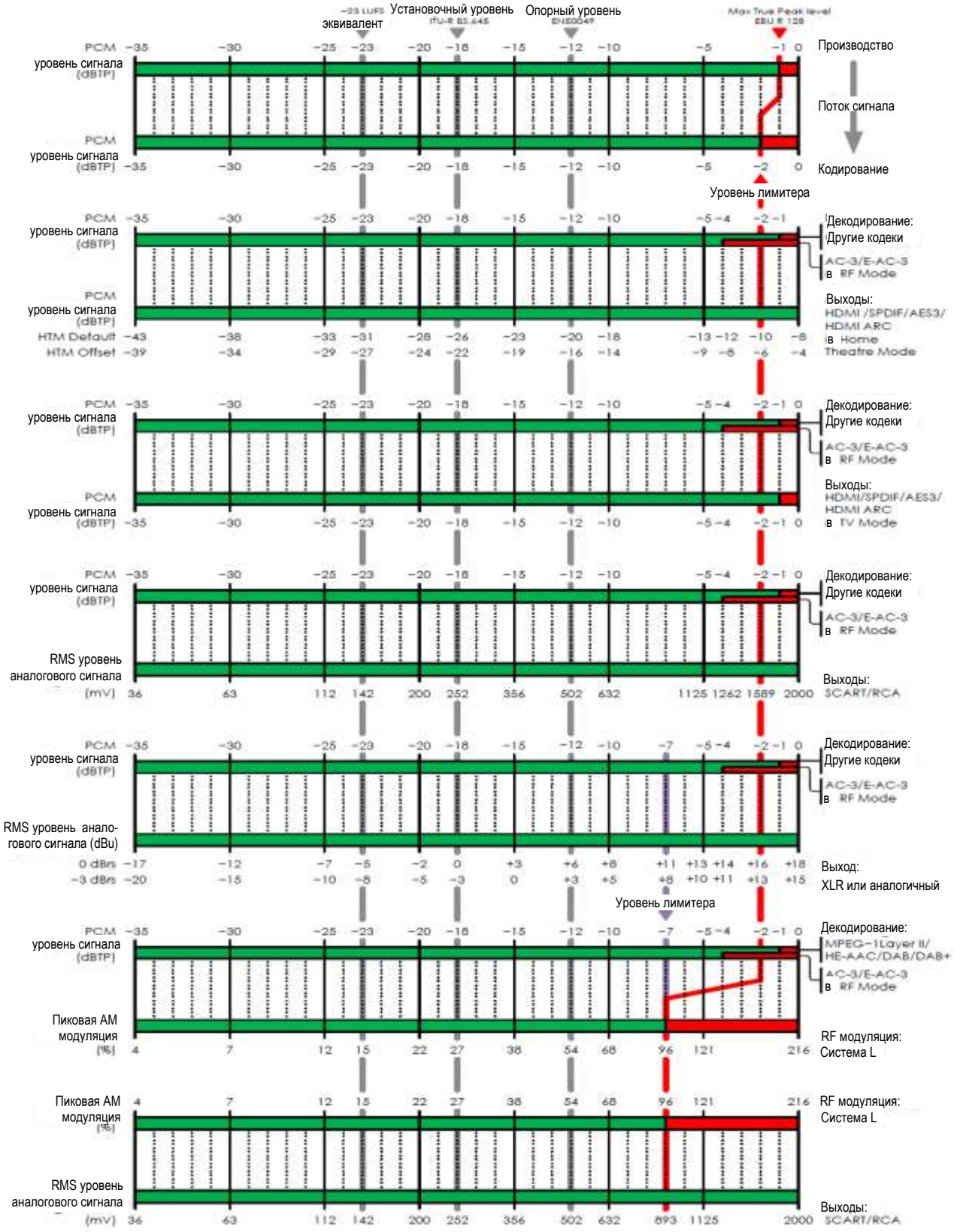
Тема	**Описание**
RF модуляция: FM стерео радио	Это пиковое FM отклонение, измеренное в kHz в результате декодированного звука, включая эффект усиления предыскажения, соединенного со входом RF модулятора. Красная линия представляет максимальный пиковый уровень, предполагая резерв 10 kHz для добавочных сигналов типа RDS и пилот-сигнала. Любое другое значение влияет только на максимальный запас для звука и соответствующего уровня лимитера. В данном случае это значит, что сигнал должен проходить конечный лимитер пиков предыскажения, установленный на уровень -9.7 dBTP, до попадания в модулятор (-10 dBTP – практическая установка, т.к. лимитеры могут страдать от некоторого объема положительных выбросов). Пурпурная линия означает выравнивание уровня лимитера. Лимитер также может быть встроен в сам модулятор. По причинам, описанным в п. 4.2, может потребоваться снижение уровня лимитера. Две строки показывают уровни связанного со звуком мультиплекса (MPX) и общий уровень MPX. Последний представляет FM отклонение, включая звук, пилот-сигнал, RDS и другие добавочные сигналы.
RF модуляция: FM моно радио	Это пиковое FM отклонение, измеренное в kHz в результате декодированного звука, включая эффект усиления предыскажения, соединенного со входом RF модулятора. Красная линия представляет максимальный пиковый уровень, предполагая отсутствие резервной полосы для добавочных сигналов типа RDS. В данном случае это значит, что сигнал должен проходить конечный лимитер пиков предыскажения, установленный на уровень -8.5 dBTP, до попадания в модулятор (-9 dBTP – практическая установка, т.к. лимитеры могут страдать от некоторого объема положительных выбросов). Пурпурная линия означает выравнивание уровня лимитера. Лимитер также может быть встроен в сам модулятор. По причинам, описанным в § 4.2, может потребоваться снижение уровня лимитера. Любой добавочный сигнал в спектре только уменьшает запас по уровню и соответствующий уровень лимитера. Для упрощения рабочих процедур можно использовать для моно сигналов тот же уровень лимитера, что и для FM стерео радио.
Выходы: интерфейс SCART или RCA	Это RMS уровень аналогового сигнала, измеренный в милливольтах, демодулированного звука на выходах SCART или RCA с использованием встроенного RF тюнера телевизора или записывающего устройства, или на выходах RCA радиоприемника FM или DAB/DAB+.

A.2 Установка уровня в системах B, B1, D, D1, G, H, K, K1, I и I1



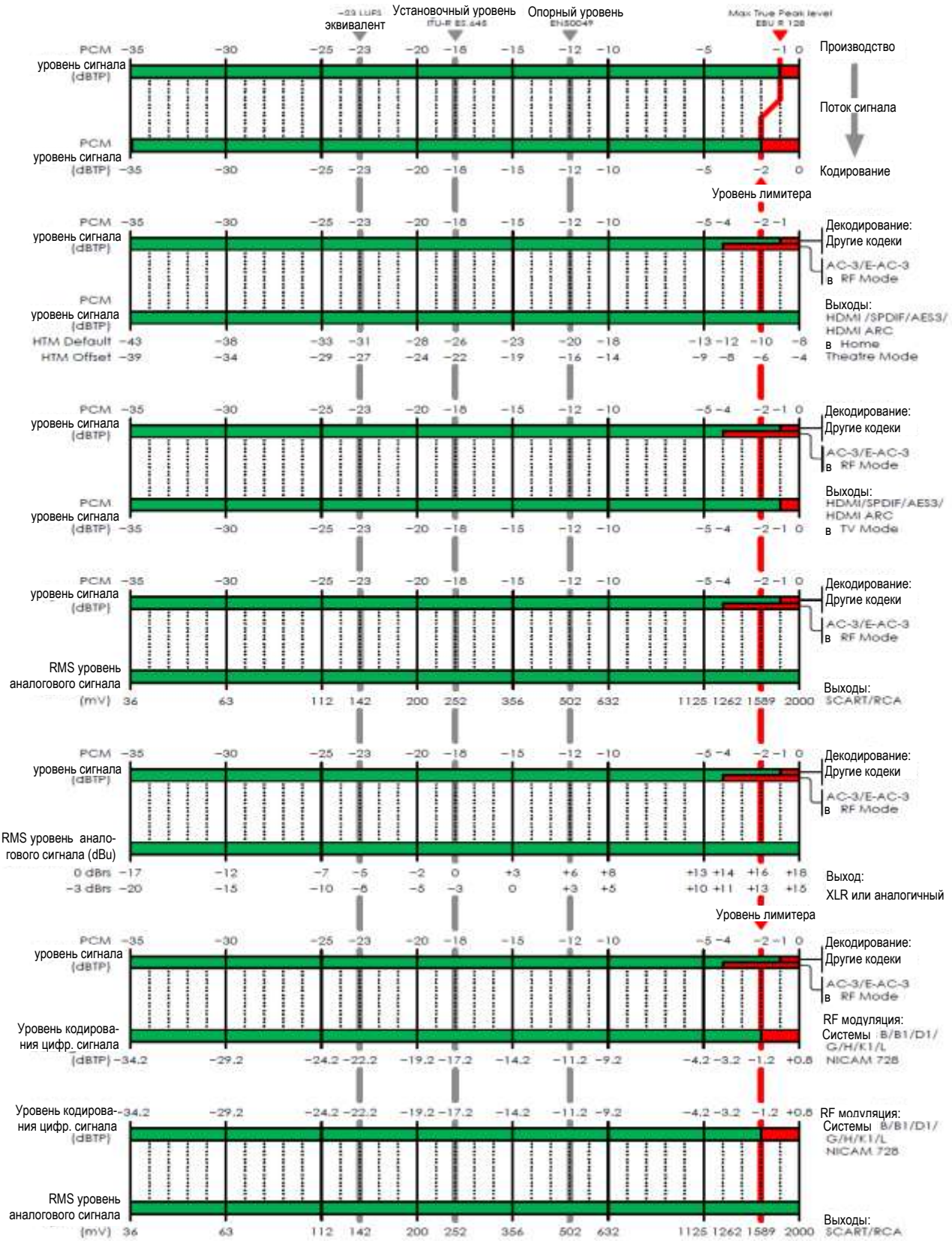
Условия: синусоидальный тон 1 kHz в фазе только в левом и правом канале, Dialnorm = -23, Mode = RF, DRC = None, PRL = -23, TL = -23

A.3 Установка уровня в телевизионной системе L



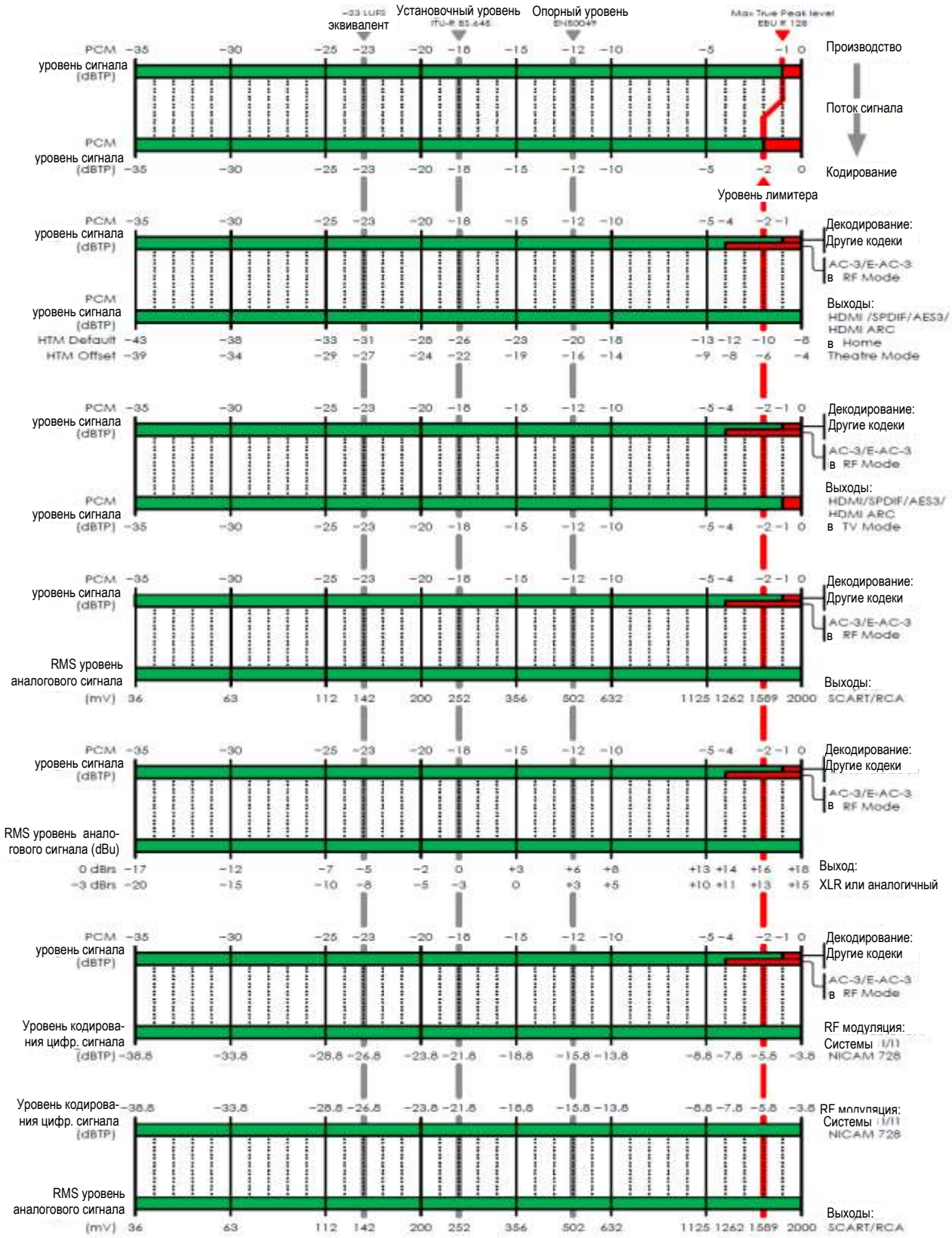
Условия: синусоидальный тон 1 kHz в фазе только в левом и правом канале, Dialnorm = −23, Mode = RF, DRC = None, PRL = −23, TL = −23

A.4 Установка уровня в телевизионных системах NICAM B, B1, D1, G, H, K1 и L



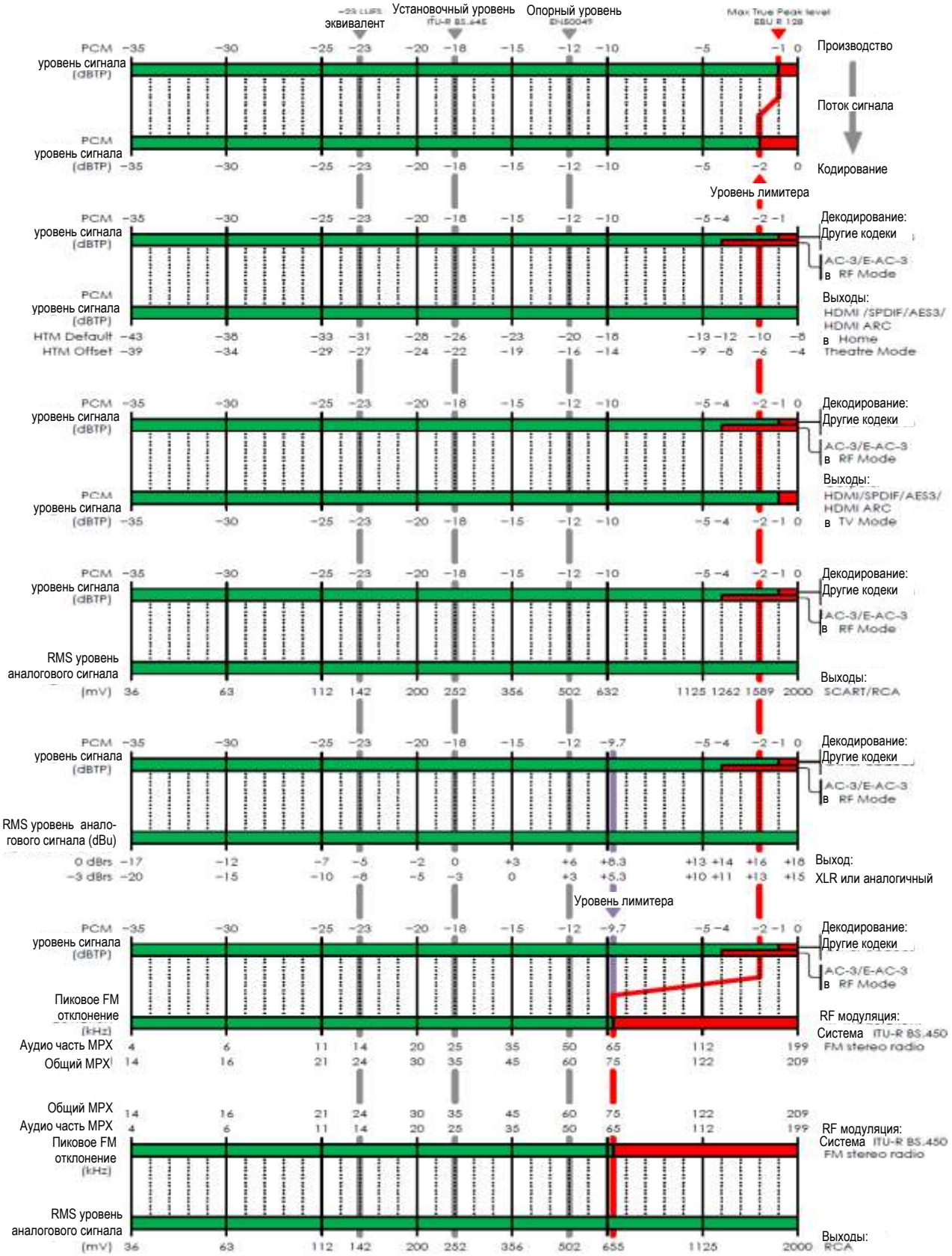
Условия: синусоидальный тон 1 kHz в фазе только в левом и правом канале, Dialnorm = −23, Mode = RF, DRC = None, PRL = −23, TL = −23

A.5 Установка уровня в телевизионной системе NICAM I и I1



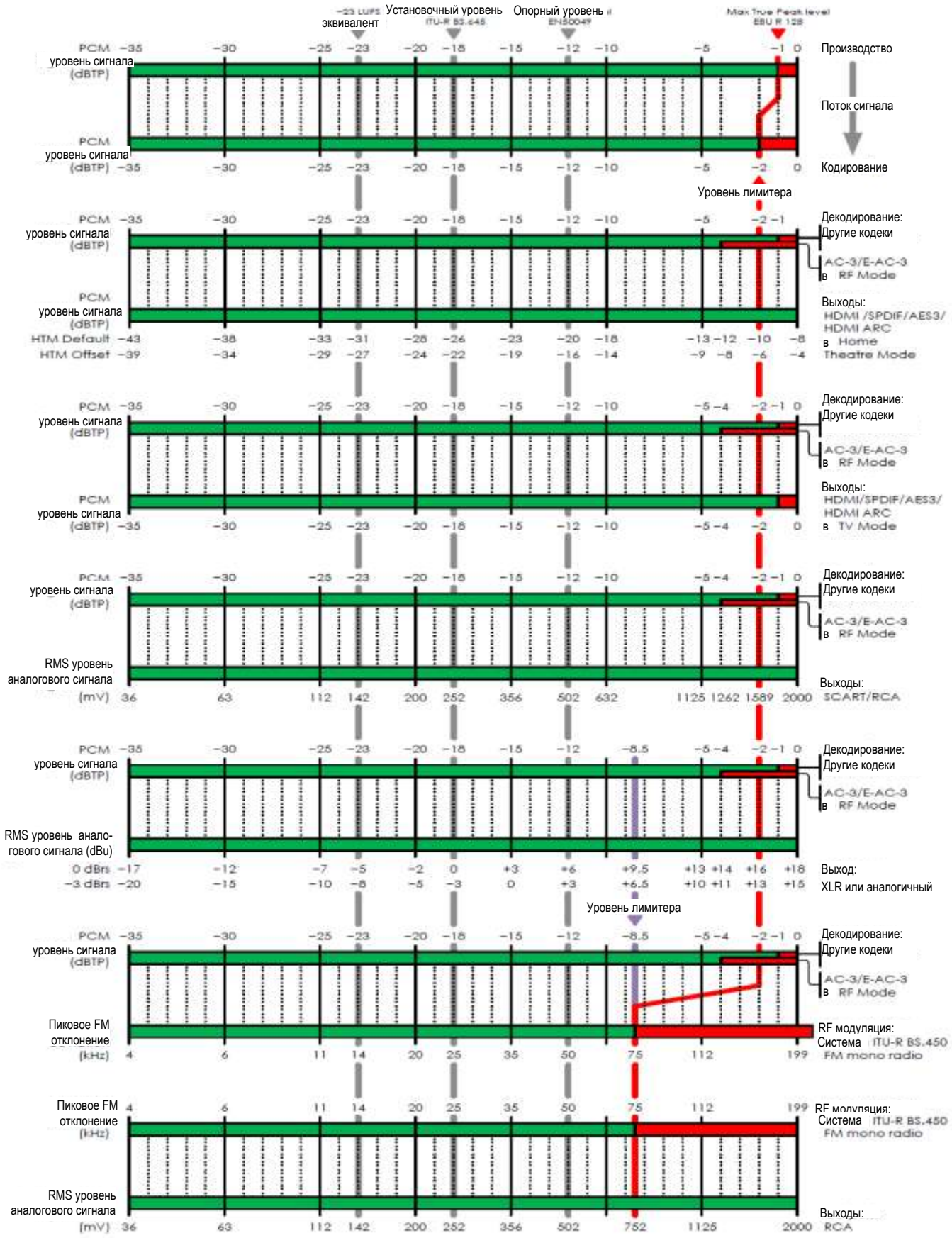
Условия: синусоидальный тон 1 kHz в фазе только в левом и правом канале, Dialnorm = −23, Mode = RF, DRC = None, PRL = −23, TL = −23

A.6 Установка уровня в FM стерео радио



Условия: синусоидальный тон 1 kHz в фазе только в левом и правом канале, Dialnorm = −23, Mode = RF, DRC = None, PRL = −23, TL = −23

A.7 Установка уровня в FM моно радио



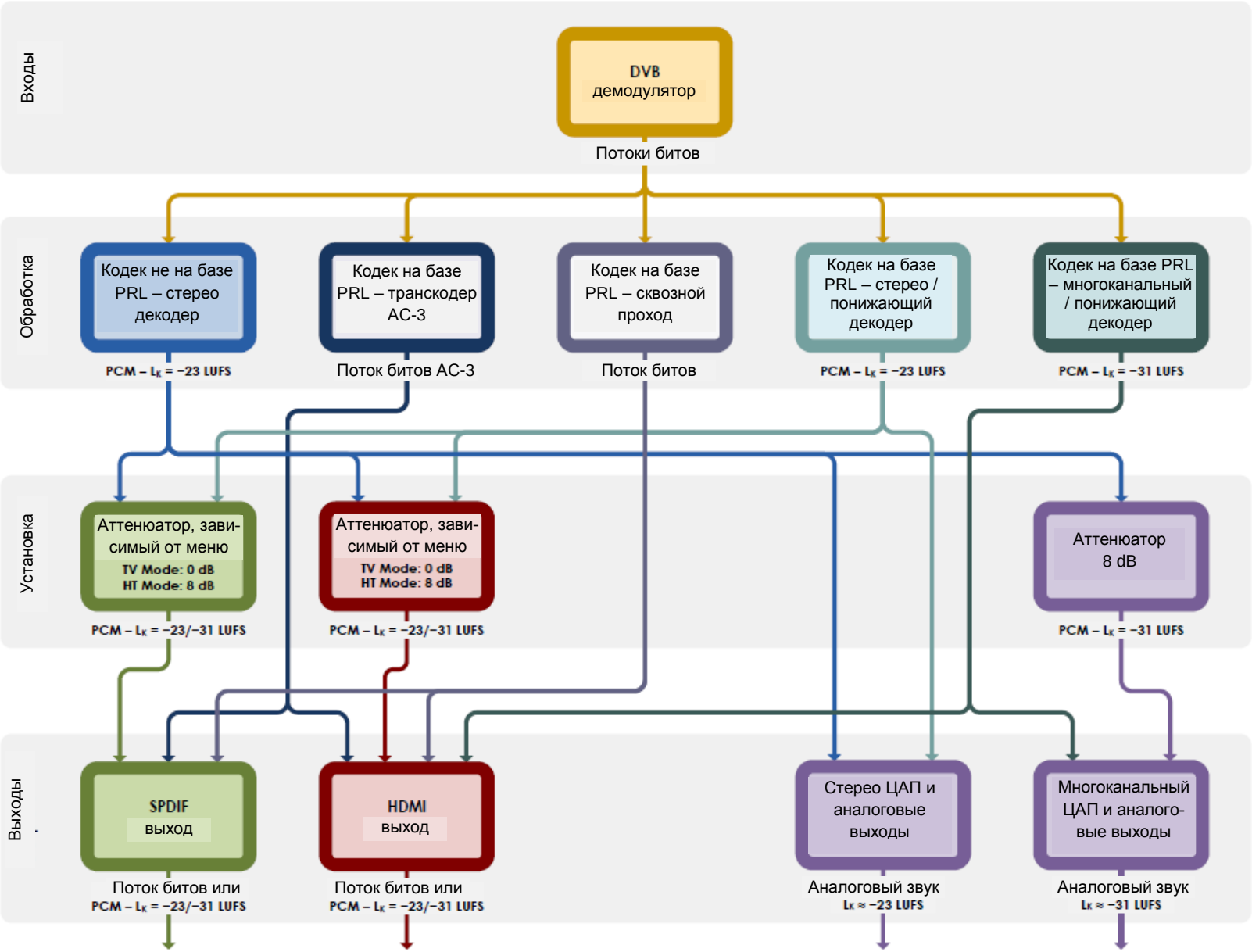
Условия: синусоидальный тон 1 kHz в фазе только в левом и правом канале, Dialnorm = −23, Mode = RF, DRC = None, PRL = −23, TL = −23

Приложение B: Графическое представление обработки звука внутри устройства

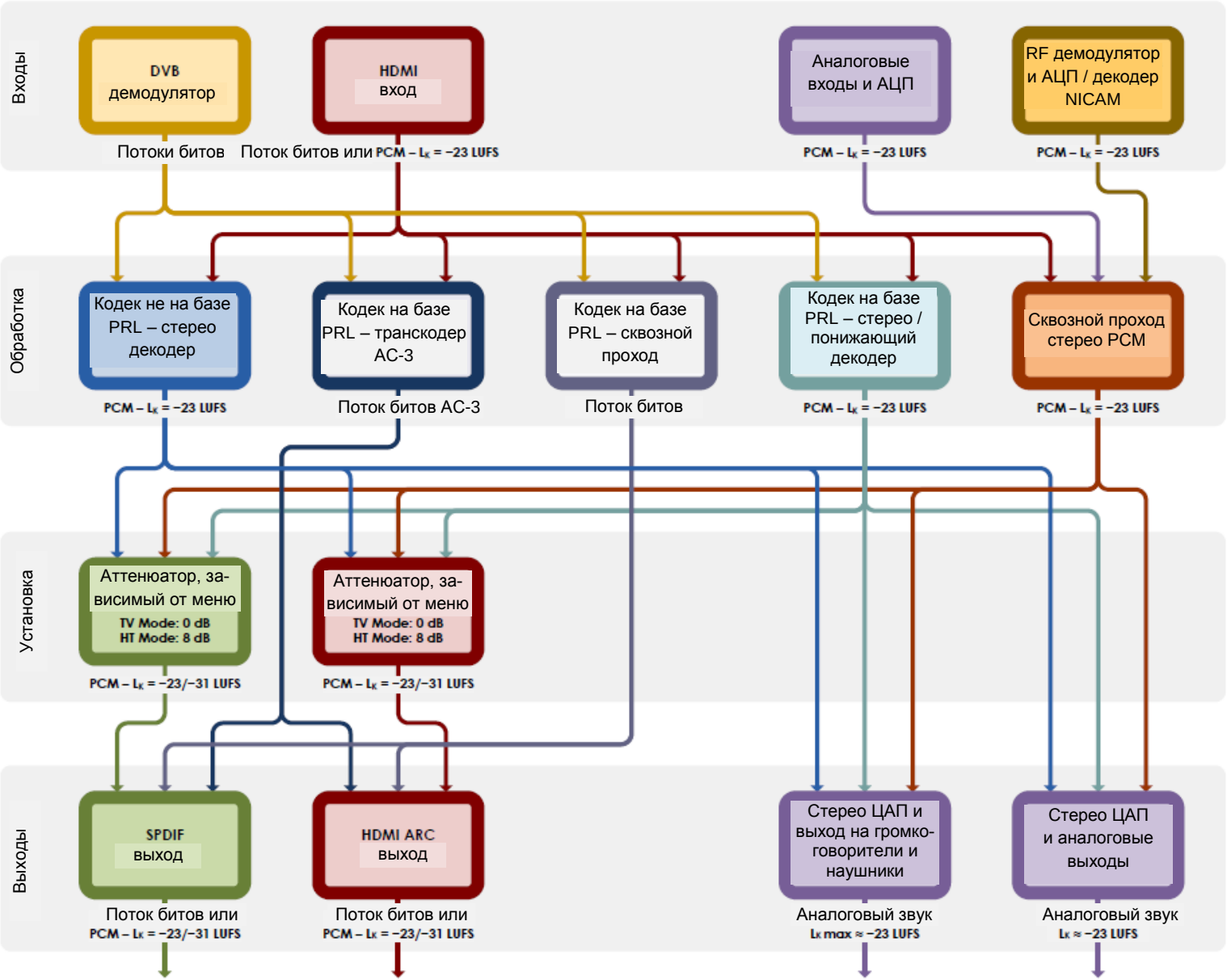
B.1 Пояснение

В следующих разделах дано графическое представление обработки звука и установки уровня внутри устройства. Из этого рисунка можно вывести ее применение к устройствам, работающим в другой системе передачи, которая имеет больше или меньше входных и выходных интерфейсов, декодеров и функций, или имеет Audio Description с использованием двух декодеров. Блок «Аттенюатор, определяемый в меню» на этих рисунках применяет снижение уровня звука PCM в зависимости от пользовательской установки для подключенного устройства, как описано в § 6.5.

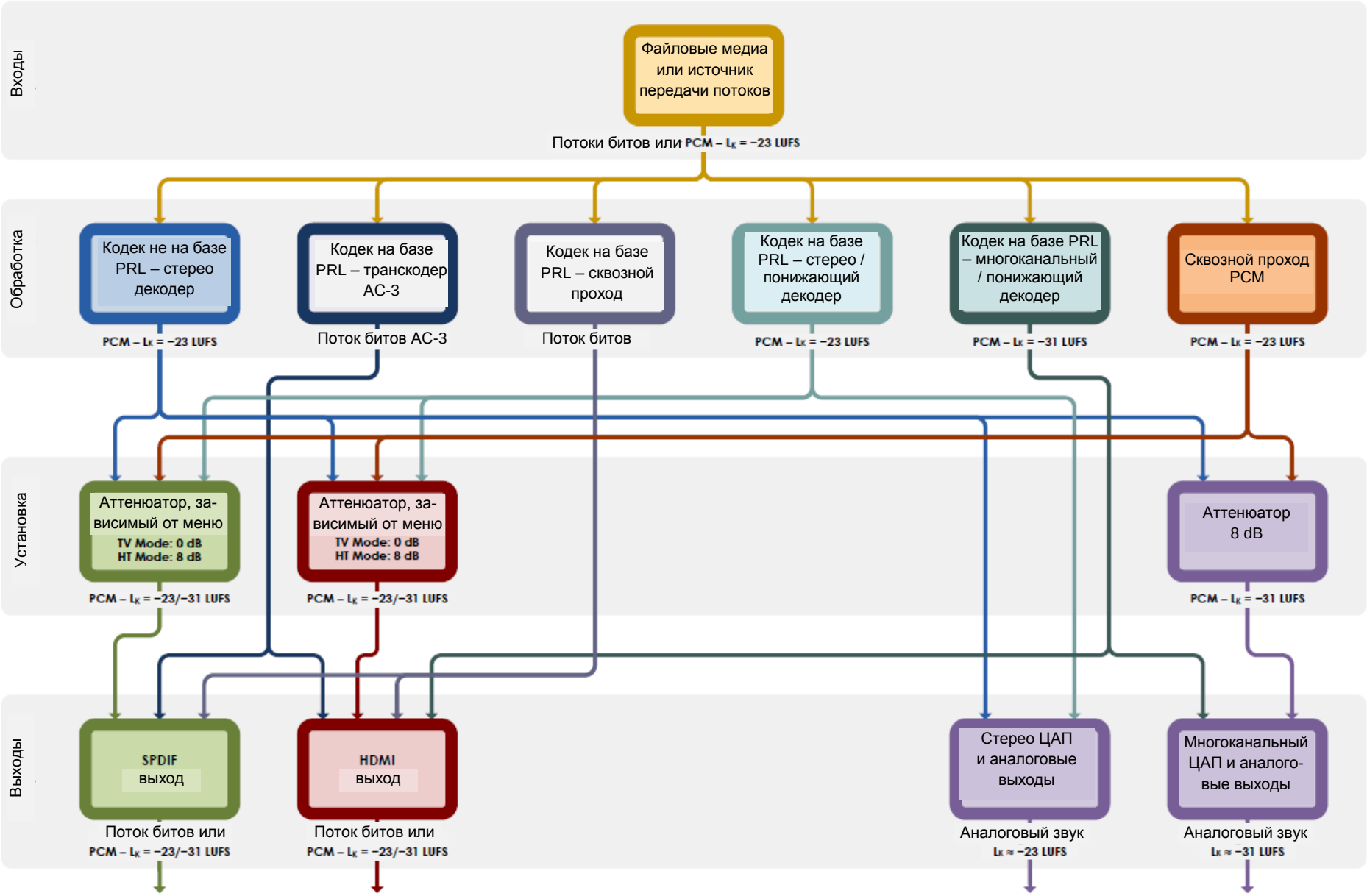
B.2 Установка уровня в IRD



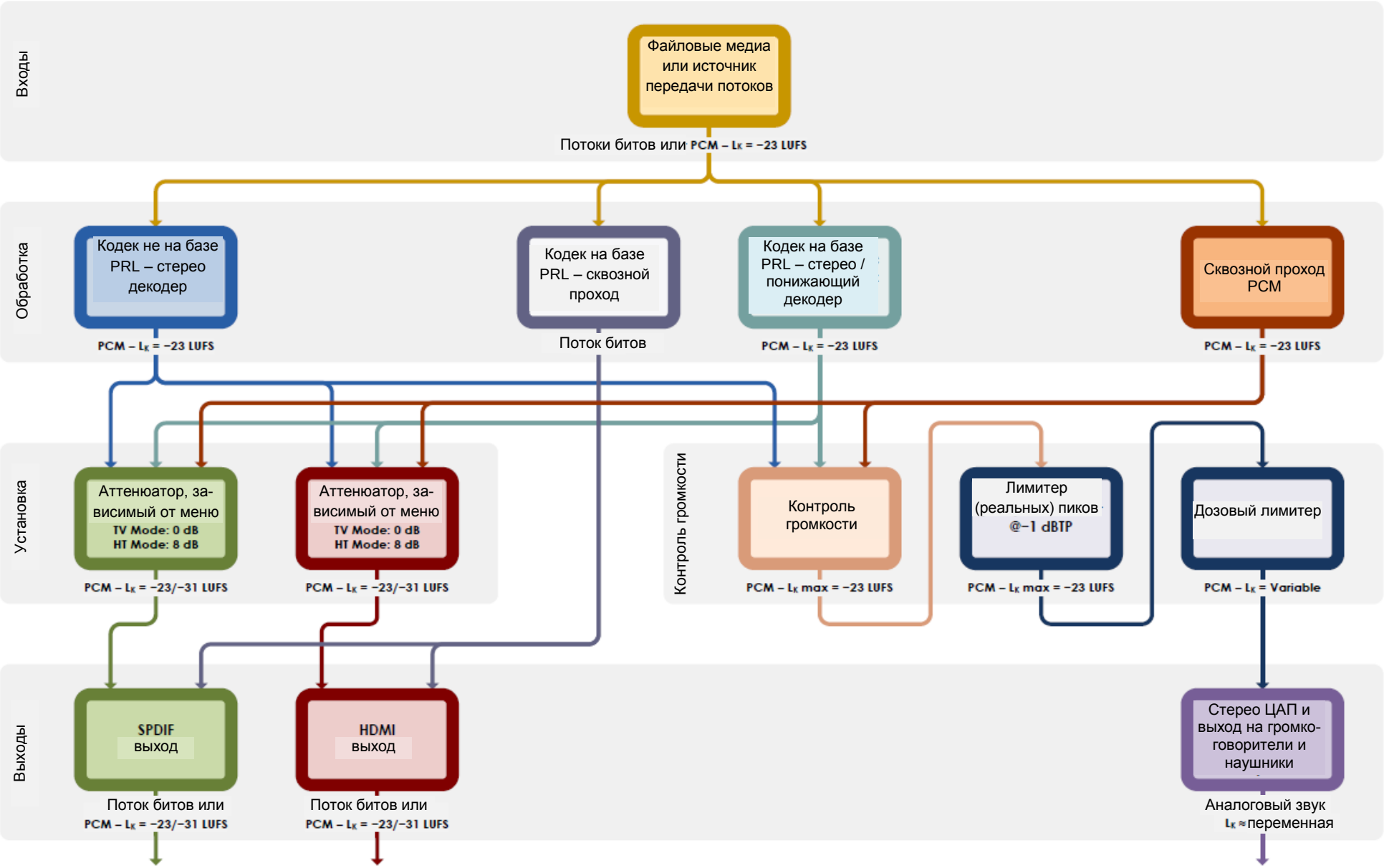
B.3 Установка уровня в IDTV



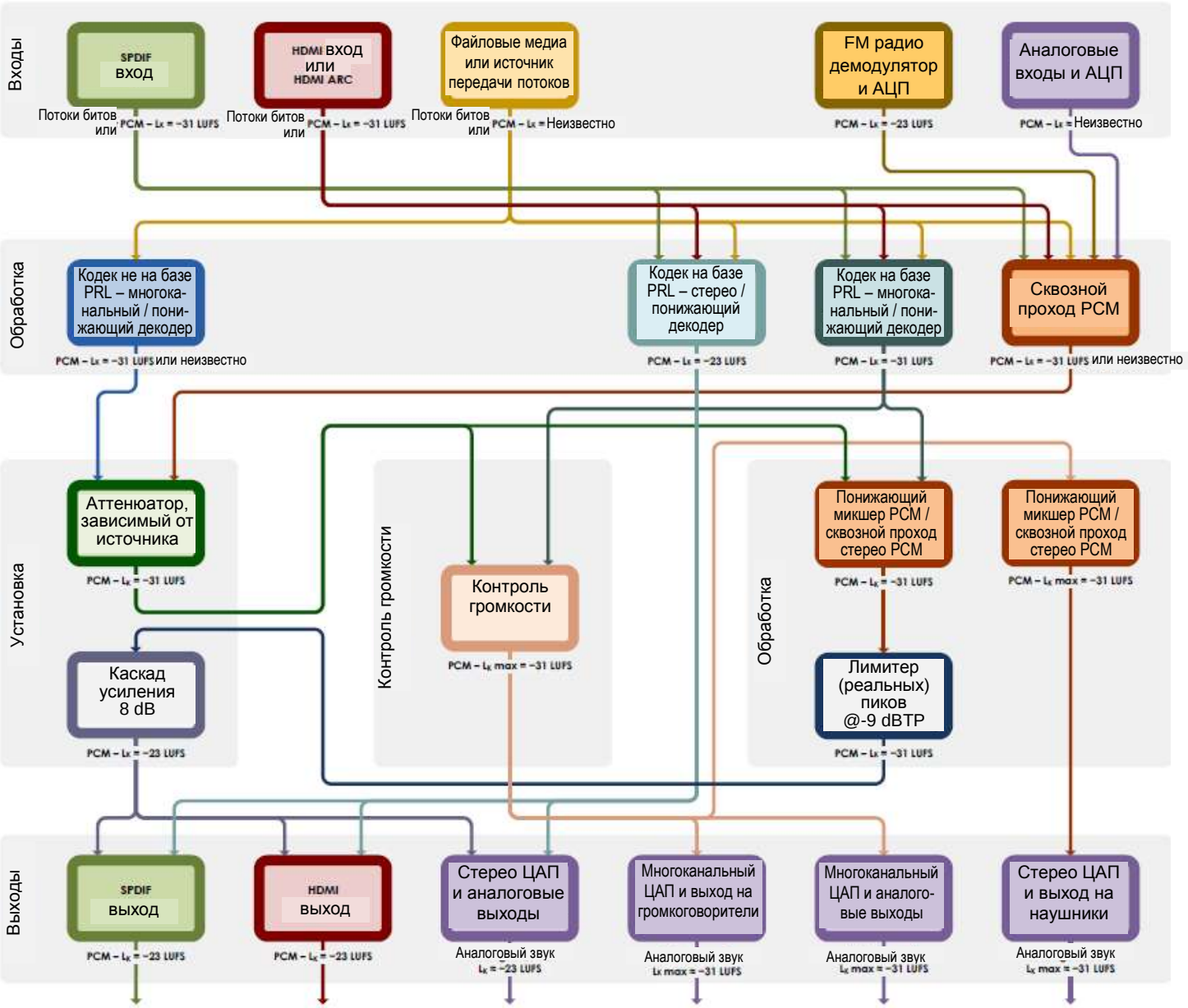
B.4 Установка уровня в медиа плеере



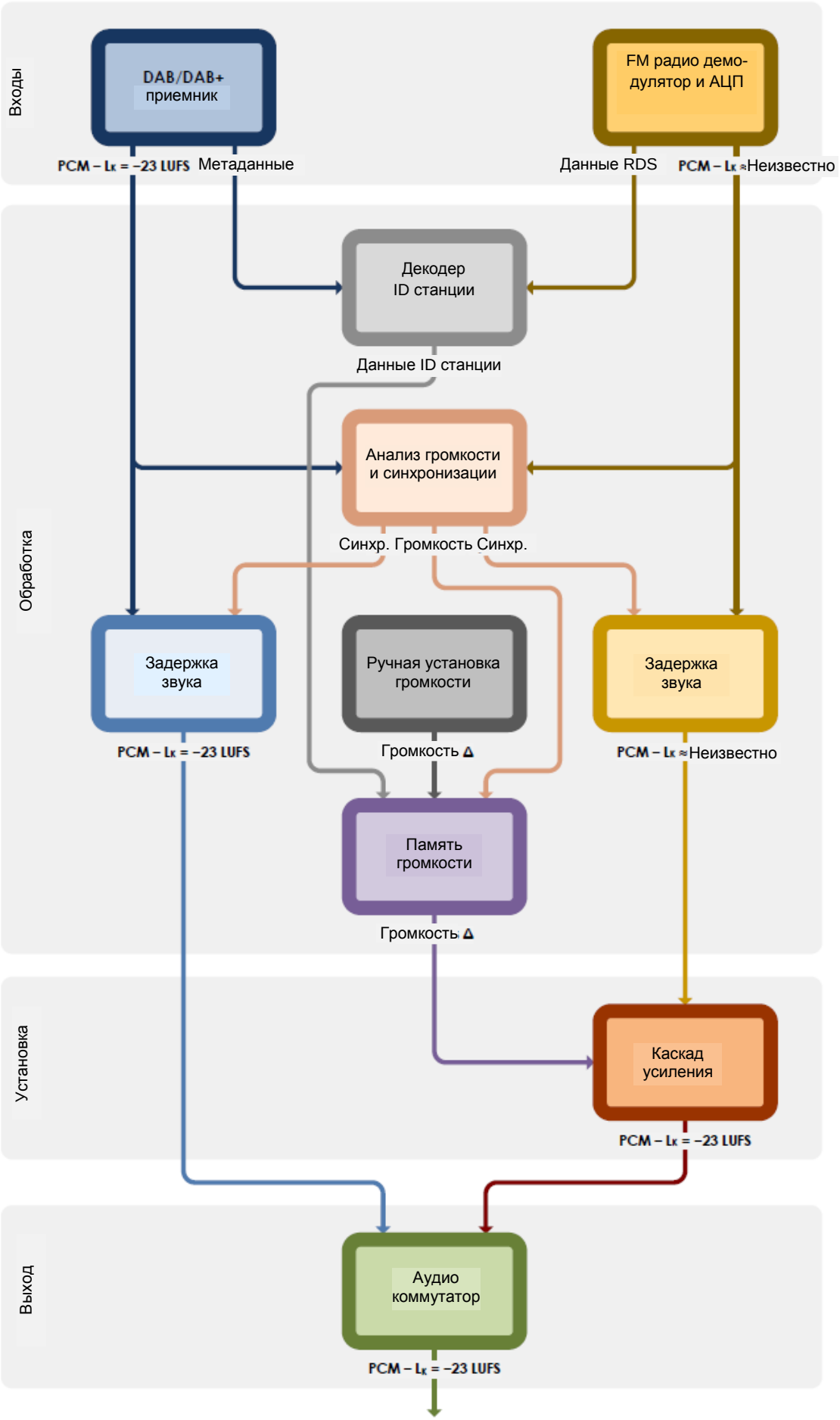
B.5 Установка уровня в персональном музыкальном плеере



B.6 Установка уровня в оборудовании домашнего кинотеатра



B.7 Установка уровня в комбинированных радиоприемниках DAB/DAB+ и FM



Приложение C: Ссылки и сокращения

C.1 Нормативные ссылки

Технические принципы или спецификации, содержащиеся в этом документе, ссылаются на вещательные рекомендации и стандарты, разработанные организациями стандартизации, в частности:

[1]	EBU R 128 (2014)	Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals.
[2]	ITU-R BS.450-3 (2001)	Transmission standards for FM sound broadcasting at VHF.
[3]	ITU-R BS.707-5 (2005)	Transmission of multi-sound in terrestrial television systems.
[4]	ITU-R BT.2043 (2004)	Analogue television systems currently in use throughout the world.
[5]	ITU-R BS.642-1 (1990)	Limiters for high quality sound programme signals.
[6]	ITU-R BS.412-9 (1998)	Planning standards for FM sound broadcasting at VHF.
[7]	CENELEC EN 50049 (2000)	Domestic and similar electronic equipment interconnection requirements: Peritelevision connector.
[8]	ITU-T J.17 (1988)	Pre-emphasis used on sound-programme circuits.
[9]	ITU-R BS.1770-4 (2015)	Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level.
[10]	ITU-R BS.645-2 (1992)	Test signals and metering to be used on international sound programme connections.
[11]	IEC EN 60728-5 (2008)	Cable network equipment for television signals, sound signals and interactive services — Head-end equipment.
[12]	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.
[13]	ETSI TS 102 366 v1.3.1 (2014)	Digital Audio Compression (AC-3, Enhanced AC-3) Standard.
[14]	ETSI TS 103 190-1 v1.2.1 (2015)	Digital Audio Compression (AC-4) Standard, Part 1: Channel based coding.
[15]	ISO/IEC 14496-3 (2009)	Information technology — Coding of audio-visual objects — Part 3: Audio.
[16]	ISO/IEC 23008-3 (2015)	Information technology — High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments — Part 3: 3D audio.
[17]	ETSI TS 103 176 v1.1.2 (2013)	Digital Audio Broadcasting (DAB); Rules of implementation; Service information features.
[18]	ETSI TS 101 154 v2.2.1 (2015)	Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG−2 TS.

C.2. Список сокращений

AAC	Advanced Audio Coding Передовое аудио кодирование
AC-3	Audio Coding 3 Аудио кодирование 3 (также известно как Dolby Digital)
AC-4	Audio Coding 4 Аудио кодирование 4 (универсальный аудио формат Dolby следующего поколения)
AES	Audio Engineering Society Общество инженеров звукозаписи
AM	Amplitude Modulation Амплитудная модуляция
ARC	Audio Return Channel Возвратный аудио канал
AV	Audio/Video Аудио/видео
CEC	Consumer Electronics Control Контроль бытовой электроники
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (европейский комитет электротехнической стандартизации)
Codec	Система кодера и декодера (кодер/декодер)
DAB	Digital Audio Broadcasting Цифровое аудио вещание
DAB+	DAB с кодеком AAC
dB	децибел
dBTP	decibel True Peak децибел реальных пиковых значений
DRC	Dynamic Range Control Контроль динамического диапазона
DTS	Digital Theatre Systems Системы цифрового кинотеатра
DVB	Digital Video Broadcasting Цифровое видео вещание
E-AC-3	Enhanced Audio Coding 3 Расширенное аудио кодирование 3 (также известно как Dolby Digital Plus)
EBU	European Broadcasting Union Европейский вещательный союз
E-EDID	Extended Display Identification Data Расширенные данные идентификации отображения
ETSI	European Telecommunications Standards Institute Европейский институт стандартов телекоммуникаций
FM	Frequency Modulation Частотная модуляция
HDMI	High-Definition Multimedia Interface Мультимедийный интерфейс высокой четкости
HE-AAC	High Efficiency Advanced Audio Coding Высокоэффективное передовое аудио кодирование
HTM	Home Theatre Mode Режим домашнего кинотеатра
IDTV	Integrated Digital (or Decoder) TeleVision Интегрированный цифровой (или декодер) телевизор
IEC	International Electro-technical Commission Международная электротехническая комиссия
IRD	Integrated Receiver Decoder Интегрированный приемник-декодер (также известен как STB, Set-Top Box)
ITU-R	International Telecommunication Union – Radio communications sector Международный союз связи – сектор радиосвязи

ITU-T	International Telecommunication Union - Telecommunications sector Международный союз связи – сектор телекоммуникаций
LU	Loudness Unit Единица громкости
LUFS	Loudness Unit relative to Full Scale Единица громкости относительно полной шкалы
MCA	Multi-Channel Audio Многоканальный звук
MPEG	Moving Pictures Experts Group Группа киноэкспертов
MPX	Мультиплекс
PCM	Pulse Code Modulation Импульсно-кодовая модуляция
PRL	Programme Reference Level Опорный уровень программ
RCA	Radio Corporation of America Радиокорпорация Америки
RF	Radio Frequency Радиочастота
RMS	Root Mean Square Среднеквадратический
SCART	Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs (ассоциация производителей радио и телеприемников)
SPDIF	Sony Philips Digital Interface Цифровой интерфейс Sony Philips
STB	Set-Top Box Приставка (также известна как IRD, Integrated Receiver Decoder)
THX	Tomlinson Holman's eXperiment Эксперимент Томлинсона Холмана
TL	Target Level Целевой уровень

C.3. Для дальнейшего чтения

EBU Tech Doc 3341 (2016)	Loudness Metering: ‘EBU Mode’ metering to supplement EBU R 128 loudness normalisation.
EBU Tech Doc 3342 (2016)	Loudness Range: A measure to supplement EBU R 128 loudness normalisation.
EBU Tech Doc 3343 (2016)	Guidelines for Production of Programmes in accordance with EBU R 128.