

Draft версия. Будет пополняться и уточняться по мере подготовки устройства к серии.

Dr. JKILL

©2013, Alex Torres.

*«..да, я знаю, что в вакууме взрывы не слышны,
а теперь вы можете задавать свои вопросы»
Дж. Лукас, журналистам о «Звездных Войнах»*

Да, я в курсе, что оригинале у Роберта Льюиса Стивенсона это слово пишется “JEKYLE”, но я написал “JKILL”, потому что это устройство предназначено для устранения джиттера (Jitter-KILLer) в цифровом аудио сигнале.

Первоначально, тут было небольшое описание «что такое джиттер», и как с ним бороться. Но оно выродилось в отдельную статью «Биты и Время» (см. журнал «РадиоХобби» 4/2013, стр. 42). Поэтому отсюда это изъят, для сокращения.

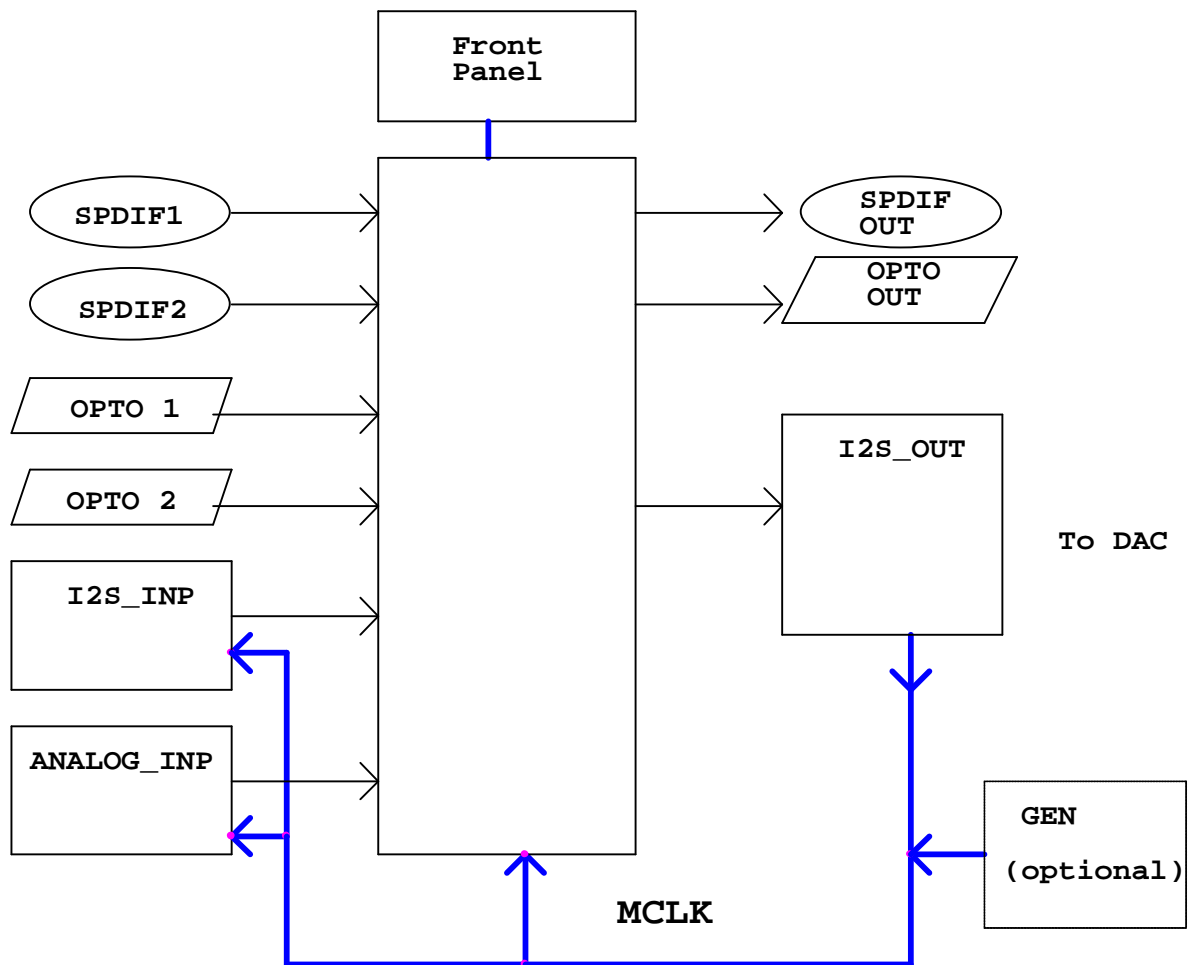
Как было написано в конце статьи «Биты и Время», большинство цифровых источников звука обладает весьма ощутимым джиттером. Большое влияние на качество звука имеет также передача цифрового потока бифазным кодированием через интерфейсы SPDIF (коаксиал) и TOSLINK (оптика). При этом кроме возникновения джиттера непосредственно в процессе передачи (особенно в оптике), на величину джиттера влияет восстановление тактового сигнала на приемной стороне методом ФАПЧ (PLL). Избавиться от этого позволяет передача непосредственно шины I2S (LJ, RJ, далее для краткости – все время будет упоминаться I2S), исключая кодер-декодер SPDIF/TOSLINK. Особенно хорошо, если при этом источник можно тактировать внешним тактовым сигналом хорошего качества. От которого тактируется и сам ЦАП. Но такой подход требует использования специальных источников сигнала, или весьма существенных и не всегда возможных доработок существующих источников.

Для преодоления этих препятствий и предназначено данное устройство. Принцип работы устройства – буфер FIFO (первый пришел - первый ушел). Входной сигнал - коаксиальный или оптический выходы CD/DVD/BR плееров, звуковых карт компьютеров, медиаплееров, или шина I2S. В последней версии предусмотрено также подключение аналогового источника через АЦП (АЦП расположен на дополнительной «дочерней» плате).

Выходным сигналом является шина I2S, сигнал с которой подается непосредственно в ЦАП. Тактирование выходной шины осуществляется от генератора ЦАПа, поэтому качество (с точки зрения джиттера) будет определяться только им, и не зависеть от джиттера входного сигнала. В результате на ЦАП будет приходиться максимально чистый сигнал, джиттер которого будет определяться только качеством генератора.

Для компенсации возможной разницы частот входного и выходного сигналов (т.е. точности генераторов), и служит буфер FIFO – процессы записи и чтения происходят абсолютно независимо и асинхронно. Для удобства, в устройстве есть также и выходы SPDIF TOSLINK, тактируемые от генератора ЦАПа (или при установке в устройство своего генератора). Входная шина I2S и АЦП аналогового входа также тактируются от генератора ЦАПа (или своего). Блок-схема устройства показана на рисунке:

Draft версия. Будет пополняться и уточняться по мере подготовки устройства к серии.



Front Panel – содержит органы управления, в данном случае это 3 кнопки (переключение входов, вкл-выкл – в основном режиме, переход и выбор в других режимах, регулировка громкости), индикация - 1.8” TFT дисплей и приемник дистанционно управления. В упрощенном варианте индикация может осуществляться пятью светодиодами (номер входа).

На плате устройства расположен USB-A разъем, для обновления внутренней программы устройства и установки параметров с Disc-On-Key.

Для удобства, устройство содержит простой генератор испытательного сигнала, выдаваемого на шину I2S и параллельно в SPDIF/TOSLINK. Генератор выдает 32, 24 и 16 бит в I2S и LJ, 24 или 16 бит в RJ24, 16 бит в RJ16. Частота дискретизации – 44.1, 48, 88.2, 96, 176.4, 192. Частота сигналов фиксирована - 1кГц, форма сигналов – треугольник.

Также имеется возможность проанализировать входной сигнал на предмет «битперфектности» при воспроизведении константы.

Устройство может автоматически определять битность входного сигнала (16/24) при включении детектора битности.

Устройство может добавлять дизеринг в 8 младших битов, для 16-битного входного сигнала (для этого должен быть включен детектор битности и разрешен дизеринг в сетапе).

В устройстве предусмотрено два сигнала управления питанием – один на разъеме питания устройства (ON1), другой – на разъеме управления громкостью (ON2). Логика их работы пока полностью не определена. Но предполагается, что сигнал ON1 будет использоваться для включения питания ЦАПа, а сигнал ON2 – для включения оконечного усилителя. Возможно, это будет один сигнал, продублированный на двух выходах. TBD.

Draft версия. Будет пополняться и уточняться по мере подготовки устройства к серии.

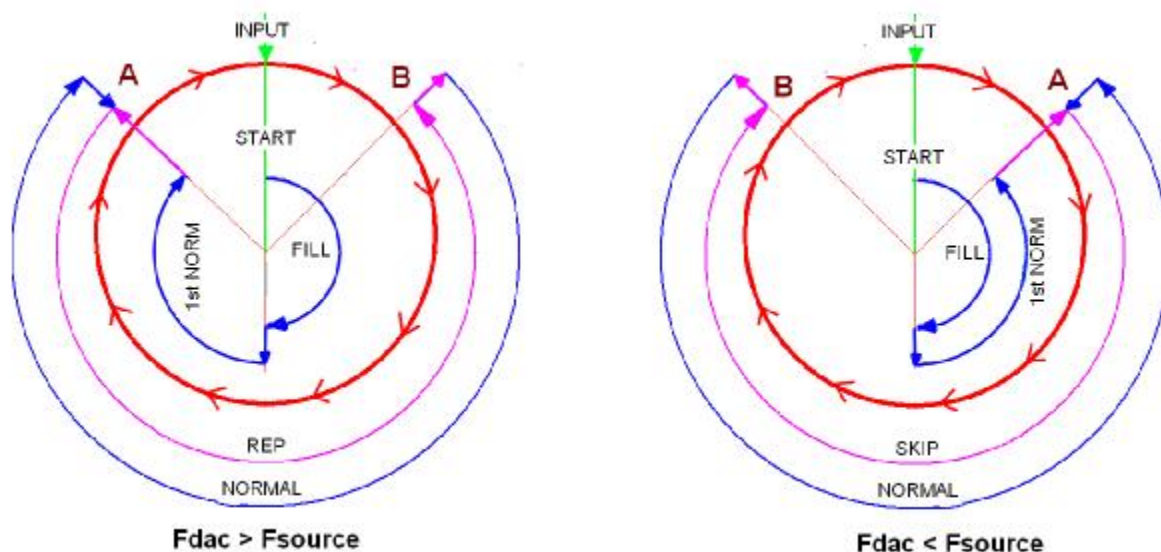
Работа буфера FIFO

Как работает буфер FIFO в различных режимах. Проиллюстрировано на рисунке ниже.

Представим себе буферную память, в виде вращающегося обруча (красная окружность на рисунке). В верхней точке происходит запись входящих данных в память (INPUT), а считывание – дальше по окружности.

При отсутствии сигнала на выбранном входе, устройство находится в состоянии ожидания (IDLE). Как только на выбранном входе диагностирован реальный сигнал, устройство переходит в режим воспроизведения.

В начале воспроизведения (точка START) положение считывателя совпадает с положением точки записи, и воспроизведение начинается с заполнения памяти (режим FILL) до тех пор, пока точка считывания не окажется примерно на половине буфера. Выход устройства при этом блокирован.



Как только считыватель достигает половины буфера, разблокируется выход и начинается реальное воспроизведение. Если бы частота поступления входных данных и частота считывания были строго одинаковые (это происходит при работе с входа I2S в синхронном режиме), то на этом, собственно, все и закончится – данные будут поступать на выход с задержкой, равное времени прохождения половины буфера.

Но в реальной жизни, при работе с асинхронными (по отношению к тактовому генератору ЦАП) источниками, частоты не равны. На рисунке выше показаны два случая – когда частота ЦАПа выше (слева) и ниже (справа) частоты тактового генератора источника.

В первом случае, считывание будет осуществляться с большей скоростью, чем запись. И считыватель будет постепенно приближаться к точке записи (режим 1st NORM – первый «нормальный» режим после начала воспроизведения). Если оставить все как есть, то буфер переполнится. Будет сильно заметный «скачок» в воспроизводимой информации (музыка как бы «прыгнет вперед»).

Чтобы этого не было, устройство (в точке A) переходит в режим коррекции, при которой периодически добавляются «лишние» точки считывания. Средняя скорость считывания при этом оказывается несколько меньше скорости записи, и считыватель «пойдет назад» (режим REP – «повтор»), постепенно приближаясь к точке записи. Но уже с другой стороны. Здесь также нельзя допустить их пересечения, поэтому, не доходя до конца (в точке B) дополнительные считывания прекращаются, и устройство переходит в «нормальный режим» (NORMAL). Далее процесс повторяется.

Draft версия. Будет пополняться и уточняться по мере подготовки устройства к серии.

Во втором случае, считывание будет осуществляться с меньшей скоростью, чем запись. Все происходит аналогично первому случаю, за исключением того, что вместо добавления «лишних» считываний, периодически происходит пропуск (SKIP) считывания. Направление движения считывателя при этом противоположное первому случаю, до точки А.

Все это продолжается до «потери сигнала», при которой устройство переходит в режим ожидания (IDLE) до следующего появления реального сигнала.

Таким образом, не считая начального режима FILL (есть также режим конца воспроизведения – DRY, но мы его не рассматриваем, как не относящийся непосредственно к работе FIFO), устройство всегда находится или в нормальном режиме (1st NORMAL и NORMAL), или в одном из режимов коррекции (REP или SKIP).

В «нормальном» режиме – происходит абсолютное подавление джиттера входного сигнала, при сохранении полной битперфектности. Джиттер подаваемого на ЦАП сигнала, зависит ТОЛЬКО от качества используемого в ЦАПе тактового генератора.

В режимах коррекции (REP и SKIP) джиттер входного сигнала также подавляется, но происходит некоторое нарушение битперфектности, или другими словами – некоторое искажение сигнала. В данном устройстве используются специальные алгоритмы коррекции, предназначенные для того, чтобы как можно сильнее снизить заметность этих искажений. Проведенные опыты на различной аппаратуре (ЦАПы, усилители, АС) показывают, что переход из нормального режима в режим коррекции практически не обнаруживается на слух, хотя и легко засекается приборами (тут происходит прямо противоположное аудиофильской шизотерии с полированными проводками, когда ни один прибор не улавливает разницы в сигнале, но «златоухие» слышат разницу). Эти опыты показывают также, отсутствие слуховой разницы при воспроизведении одних и тех же музыкальных композиций с высококачественных источников с низким джиттером (твердотельные и USB- транспорты, тактируемые от ЦАПа) и с традиционно «высокоджиттерных» источников (ДВД и Медиа-плееры).

Однако, поскольку искажения есть искажения, то их надо всячески минимизировать. Или, иными словами - сделать так, чтобы устройство все время находилось в «нормальном» режиме. Как сказано выше – при «потере сигнала» устройство переходит в режим ожидания, и следующий цикл воспроизведения ВСЕГДА начнется с нормального режима. Потеря сигнала может быть вызвана переключением входа, прекращением подачи сигнала (выключение источника, отключение кабеля), изменением битрейта входного сигнала.

К этим «естественным» факторам потери сигнала, в устройстве добавлен (отключаемо) еще один искусственный – детектор пауз, или «детектор тишины» (Silence Detector).

Как только устройство детектирует отсутствие сигнала в течение заданного времени, оно принудительно переходит в режим IDLE. Время (оно настраивается в сетапе) выбирается так, чтобы устройство детектировало паузы между треками и не реагировало на тихие места в фонограммах.

Время нахождения устройства в «нормальном» режиме после начала воспроизведения (режим 1st NORM), зависит от разницы частот тактовых генераторов ЦАПа и источника, размера буфера, а также скорости (частоты дискретизации – Fs) и показано в таблице:

Frq.diff,ppm	44		96		192	
	Lag, sec	1 st NORM,min	Lag, sec	1 st NORM,min	Lag, sec	1 st NORM,min
50	0.24	80.94	0.11	37.18	0.06	18.59
100	0.24	40.47	0.11	18.59	0.06	9.30
250	0.24	16.19	0.11	7.44	0.06	3.72
500	0.24	8.09	0.11	3.72	0.06	1.86
1000	0.24	4.05	0.11	1.86	0.06	0.93

Draft версия. Будет пополняться и уточняться по мере подготовки устройства к серии.

Здесь:

- Freq.diff - разность частот тактовых генераторов с миллионных долей (ppm)
- Lag – время заполнения половины буфера, оно же - время задержки подаваемо на ЦАП сигнала, в секундах.
- 1st NORM – время «нормальной» работы устройства после начала воспроизведения.

Следует также иметь в виду, что после первого режима коррекции, следующий режим NORMAL будет вдвое дольше, чем указанный в таблице 1st NORMAL.

Из таблицы видно, что даже для высокого битрейта (192), и разности частот генераторов в 50-100ppm, составляет больше девяти минут, что превышает среднестатистическую длительность одного трека аудиодиска, а при разнице 50ppm и битрейте компакт-диска (44.1) – составляет 80 минут, чтоб превышает длительность звучания обычного (650MB) CD!

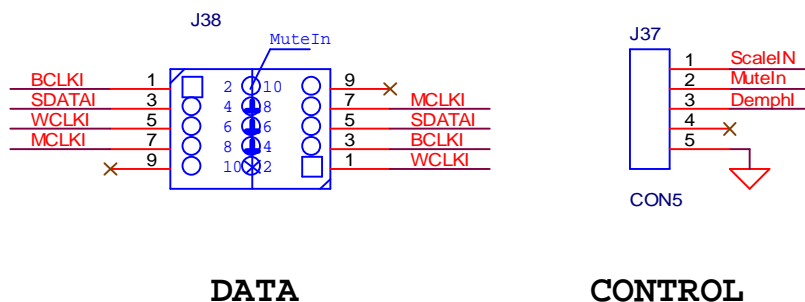
Из всего этого можно сделать вывод – при включенном детекторе пауз, если время между паузами (между треками, смена диска, и т.п.) меньше времени «нормальной» работы (см. таблицу выше), то устройство ВСЕГДА будет находиться в «нормальном» режиме. С абсолютным подавлением джиттера входного сигнала, и сохранении полной битперфектности.

Если же какой-то трек оказался слишком длинным, или диск записан без пауз, то у пользователя есть две возможности:

- продолжать прослушивание с коррекцией сигнала и попытаться услышать разницу.
- если разницу слышит (реально или благодаря аудиофильскому самовнушению) – нажать кратковременно кнопку «Пауза» на воспроизводящем устройстве – при этом последует немедленный переход в режим IDLE, а затем (поскольку сигнал продолжает поступать) – переход в нормальный режим. Прерывание воспроизведения будет на время нажатия паузы плюс величина лага (см. таблицу выше).

Входные сигналы и разъемы.

- 1) Два входа TOSLINK, приемники установлены на плате.
- 2) Два входа SPDIF – на плате трансформаторная развязка и контакты для подпайки проводов к RCA разъемам.
- 3) Разъем для подключения дочерней платы с АЦП для аналогового ввода - TBD.
- 4) Вход I2S – 15 контактный разъем “DATA” и 5 контактный разъем “CONTROL”:



Поскольку ни одна попытка стандартизации разъемов успехом не увенчалась, где можно - использованы ставшие «стандартом де-факто» цоколевки, остальные произвольно.

Разъем DATA совпадает по цоколевке с используемым в ЦАПх Lynx,

«Многofункциональном транспорте» (SergeVKS), Flamenco 4L.

Транспорты Tango, Flamenco – требуют переходников.

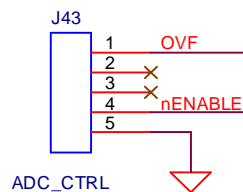
Draft версия. Будет пополняться и уточняться по мере подготовки устройства к серии.

Разъем состоит из трех рядов по 5 контактов, что позволяет вставлять в него стандартный 10-контактный шлейф двумя способами – слева или справа, с разной конфигурацией сигналов.

Подключаемый к входу I2S источник сигналов может быть как синхронным, так и асинхронным. В случае асинхронного источника, он использует свою собственную тактовую частоту, но обязан генерировать сигнал Scale для переключения сетки частот 44/48. Джиттер источника будет подавлен благодаря работе ФИФО устройства. Синхронный источник (USB или Flash транспорт) тактируется тем же выходным сигналом MCLK, что и само устройство – поступающим из ЦАПа. Для упрощения функционирования, сигнал также проходит через ФИФО, хотя подавления джиттера в этом случае и не требуется.

В разьеме CONTROL продублирован сигнал Mute, а также находится сигнал Demph и сигнал переключения сетки частот 44/48 (Scale). Имеющиеся в транспортах сигналы сигнализации о битности (16/24) и переключении цифровых фильтров (x2/x4) не используются, так как генерируются самим устройством.

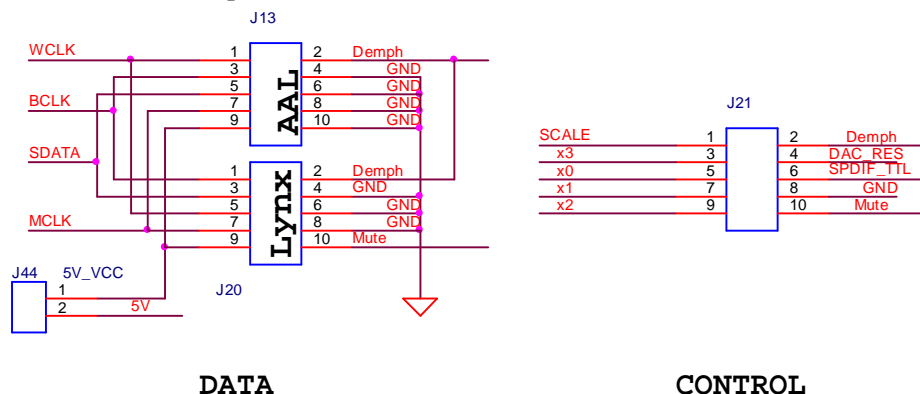
- 5) Разъем для подключения дочерней платы аналогового ввода (АЦП) содержит сигнал разрешения шины I2S и вход индикации перегрузки (OVF):



Сигнал с платы АЦП поступает по шине I2S непосредственно в ЦАП, минуя ФИФО. Устройство лишь индицирует режим работы и перегрузку аналогового входа.

Выходные сигналы и разъемы.

- 1) Выход TOSLINK – опционально, передатчик установлен на плате.
- 2) Выход SPDIF – опционально, на плате буфер с трансформаторной развязкой и контакты под пайку проводов к RCA разьему.
- 3) Выход I2S – два 10-контактных разъема DATA, один совпадает с цоколевкой разъемов ЦАПов от Lynx, второй совпадает цоколевкой ЦАПов Helios-153 от Aal. Сигнал MCLK является входным для устройства, может быть как 3-х, так и 5-ти вольтовым. Полностью поддерживаются частоты 512FS (22/24MHz) и 1024FS (45/49MHz).

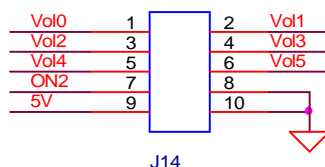


Draft версия. Будет пополняться и уточняться по мере подготовки устройства к серии.

В разьеме CONTROL продублированы сигналы Mute, Demph а также находятся сигналы переключения сетки частот 44/48 (Scale), управления цифровым фильтром (x3,x2), сигнал сброса ЦАПа (DAC_RES), сигналы формата (I2S, LJ, RJ24, RJ16) шины (X1,X0) а также сигнал SPDIF (в TTL-уровнях).

TOSLINK/SPDIF выходы являются опциональными, так как их использование существенно уменьшает эффективность работы устройства. Основным выходом является выход I2S!

4) Разъем управления регулятором громкости:



Сигналы Vol0-Vol5 – управление в параллельном режиме до 6-ти ступеней «никитинского» регулятора громкости, ON2 – сигнал на включение усилителя, +5V – дополнительное напряжение питания (например, для оптронов). При использовании 8-ми контактов из 10-ти, цоколевка совпадает с регуляторами АТТ6 (ТВД). При этом могут использоваться для связи блоков разъемы и кабели RJ45 (8pin).

Опционально, кроме параллельного режима возможно также управление по последовательному протоколу (SPI, NEC, etc.).

Управление и индикация

Непосредственное управление – передняя панель с 3 кнопками или энкодером, 1.8” TFT дисплеем и приемником ИКДУ.

Функции кнопок:

SW1/нажатие энкодера - переключение входов, включение/выключение - длинным нажатием.

SW3/вращение энкодера по часовой стрелке - Громкость “+”

SW4/вращение энкодера против часовой стрелке - Громкость “-“

SW3+SW4 – вход в инженерный режим (Utilities). При использовании энкодера, длительное нажатие энкодера переводит устройство в меню выключения. В этом меню можно выключить устройство (выключение произойдет также автоматически, через 10 секунд, при отсутствии действий пользователя), вход в инженерный режим или возврат назад в рабочий режим (например – при ошибочном входе в режим выключения).

В инженерном режиме (Utilities) возможны: установка параметров (Setup), тестовый генератор, проверка битперфектности, переход к обновлению прошивки.

В упрощенном варианте – 1 кнопка (переключение входов и выключение) и 5 светодиодов индикации текущего входа.

Дистанционное управление:

- ИК, настраиваемое на любой пульт, работающий в стандартах NEC, RC5, SIRC, SAMSUNG, JAP (Panasonic).
- Сигналом UART с внешнего устройства (ТВД – для сквозного управления, от приемника ДУ другого устройства).

Индикация:

1.8” TFT дисплей отображает:

-текущий вход,

Draft версия. Будет пополняться и уточняться по мере подготовки устройства к серии.

- текущую частоту дискретизации входного сигнала,
- его битность (при включенном детекторе битности),
- уровень громкости (при включенном регуляторе громкости),
- уровень сигнала (VU-meter),
- состояние буфера ФИФО,
- информацию о формате входной и выходной шины I2S,
- включении детектора битности, детектора паузы (Silence Detector), разрешении дизеринга,
- наличие паузы, включение дизеринга.

Внешний вид экрана определяется т.н. «скинами» (skin). В данный момент прошивка содержит один единственный дефолтный скин, с преимущественно текстовым представлением информации. Вариант графического скина разрабатывается данный момент, с учетом пожеланий бета-тестеров. Если пользователь хочет придумать свой вариант – он должен его нарисовать и прислать эскиз. Требования к эскизу – по запросу e-мейлом.

Проверка битперфектности.

В инженерном меню можно выбрать специальный режим для проверки битперфектности. Для этого, источник сигнала должен воспроизводить специальный файл, который состоит из неизменных данных (передача 16-ти или 24-х битной константы по обоим стерео каналам). Устройство выводит на экран принимаемый сигнал в 16-ричном и двоичном виде. Зная, какой сигнал передается, и какой принимается, можно сделать вывод о точной или не точной передаче (битперфектности). Для удобства, под двоичным отображением выводится информация о постоянстве каждого бита на периоде в 1 секунду. Такой вывод информации позволяет не только протестировать есть ли битперфектность или нет, но и в случае ее отсутствия – оценить степень «не битперфектности». Например - с USB интерфейсами на базе CM6631 и PCM2906 постоянно «мигает» младший бит (для 16 битного сигнала). Это конечно не битперфектность, но все же лучше чем когда «мигают» 4-5 бит, или вообще все 16/24 бит (к примеру - при использовании программного регулятора громкости или всяческих «улучшайзеров» звука в PC).

Внимание: выбор требуемого входа должен быть сделан перед переходом в режим проверки битперфектности.

Обновление прошивки и параметров.

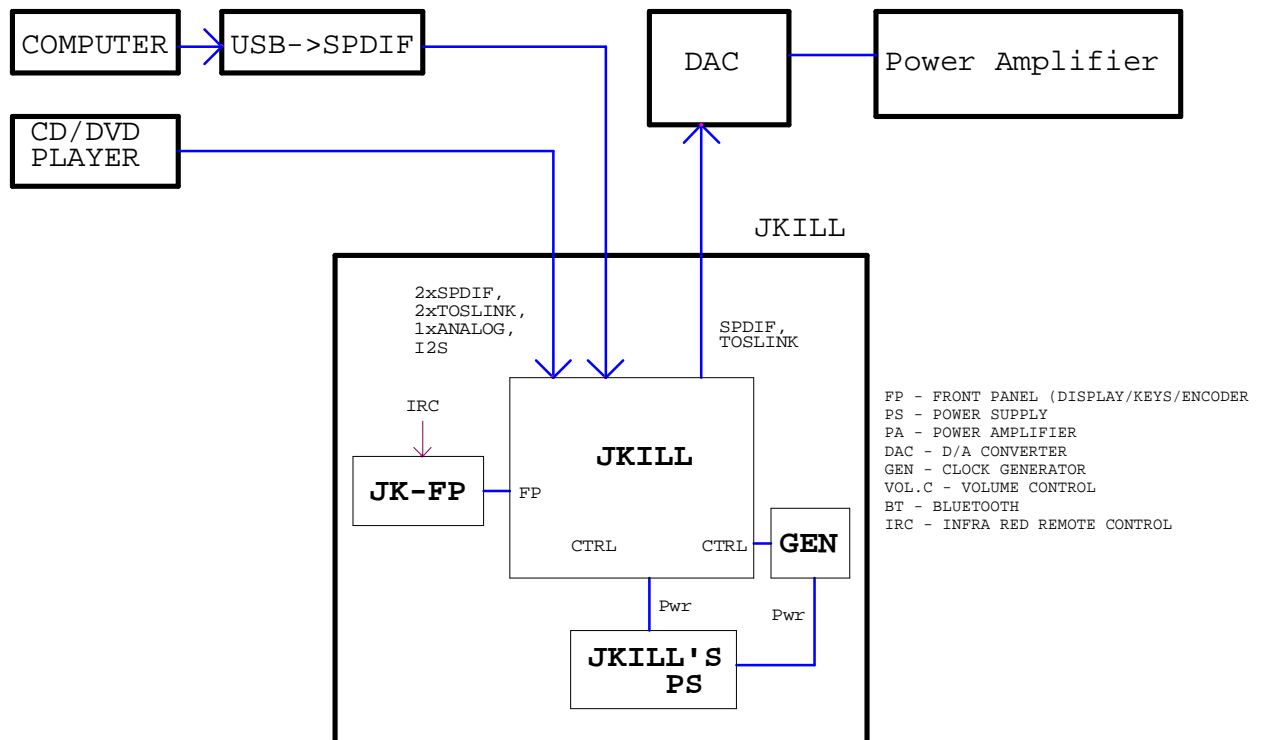
Оперативные параметры устройства могут быть установлены двумя способами – через меню устройства, или на компьютере, программой-конфигуратором. Переход в режим обновления прошивки – через пункт в меню установок параметров. При этом запускается бутлоадер, загружающий файл с обновленной программой и/или файлом параметров с USB Disc-On-Key. После загрузки требуется холодная перезагрузка (т.е. выключение и включение питания). Для безусловного входа в бутлоадер при включении питания – нужно установить переключатель между Vol0 и Vol3, разъема для подключения регулятора громкости (внимание – устанавливать переключатель только в полностью выключенном устройстве!).

Draft версия. Будет пополняться и уточняться по мере подготовки устройства к серии.

Предполагаемые варианты применения устройства JKILL

Возможных применений данного устройства много – как в виде автономного устройства, так и совместно (в одном корпусе) с ЦАП, усилителем, твердотельным транспортом и т.д. Для удобства интеграции, устройство может управлять включением-выключением питанием ЦАПа, усилителя, а также управлять регулятором громкости (т.н. «никитинский» регулятор громкости, в том числе и платы АТТ6 – TBD).

Самое простое использование – в качестве джиттероподавителя, как вставка между SPDIF/TOSLINK сигналами источников и ЦАПа:

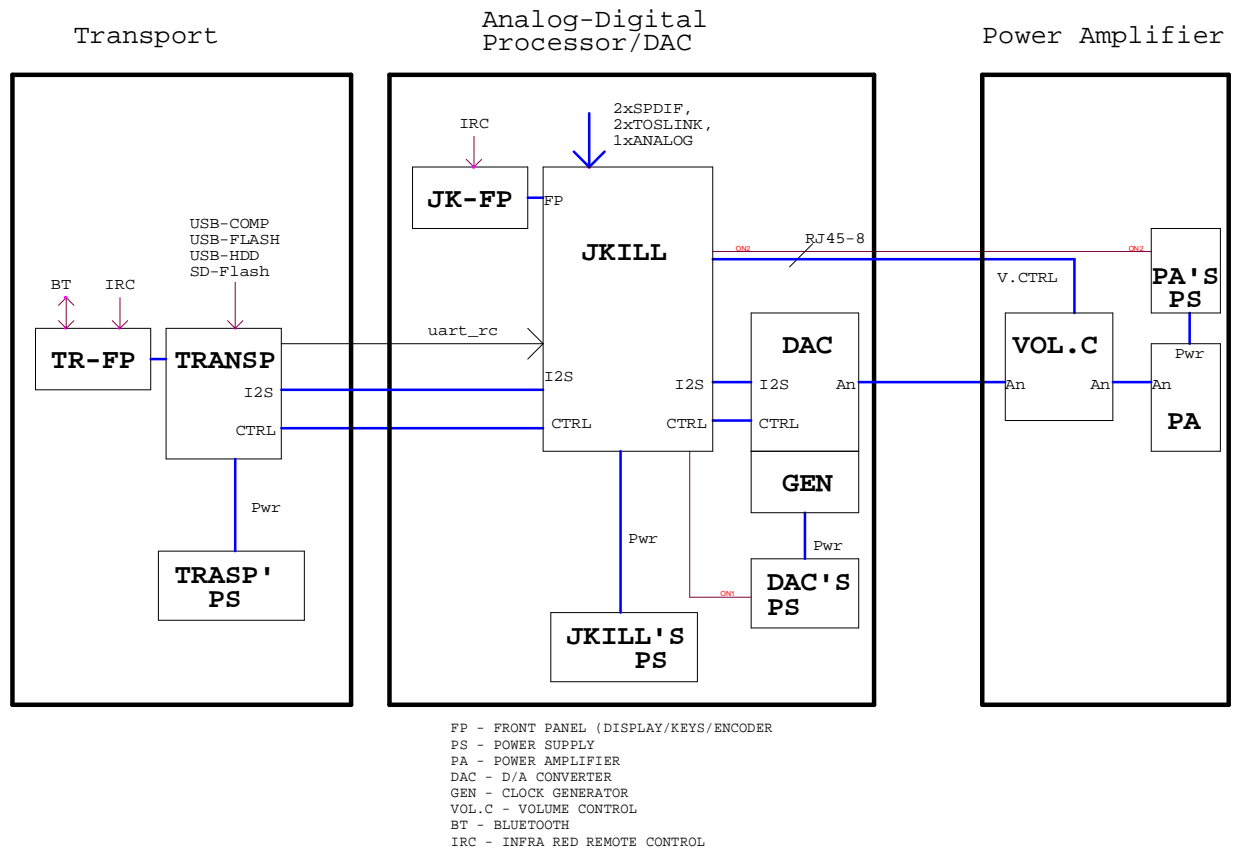


Конечно, поскольку выход берется с SPDIF/TOSLINK, а затем (в ЦАПе) будет PLL восстановление тактовой частоты, это не самый качественный вариант.

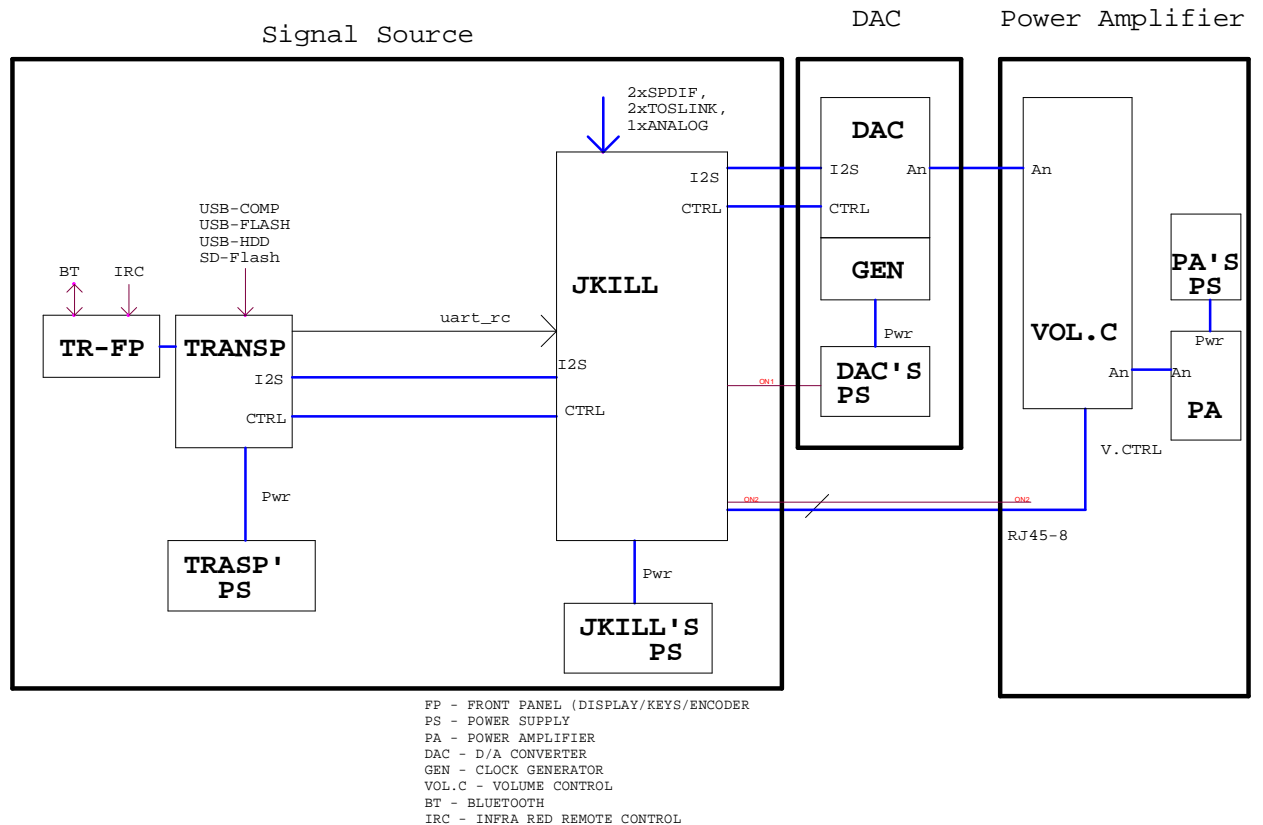
Тем не менее – он может кардинально улучшить звучание источников с традиционно высоким джиттером (ДВД-плееры, медиаплееры, звуковые карты компьютеров, особенно простые USB интерфейсы). Нужно только проверить, что конкретный источник является «битперфект», т.е. выдает поток данных без искажений (обычно они связаны с не отключаемой внутренней обработкой сигнала).

Draft версия. Будет пополняться и уточняться по мере подготовки устройства к серии.

Конструктивное совмещение устройства с ЦАПом:

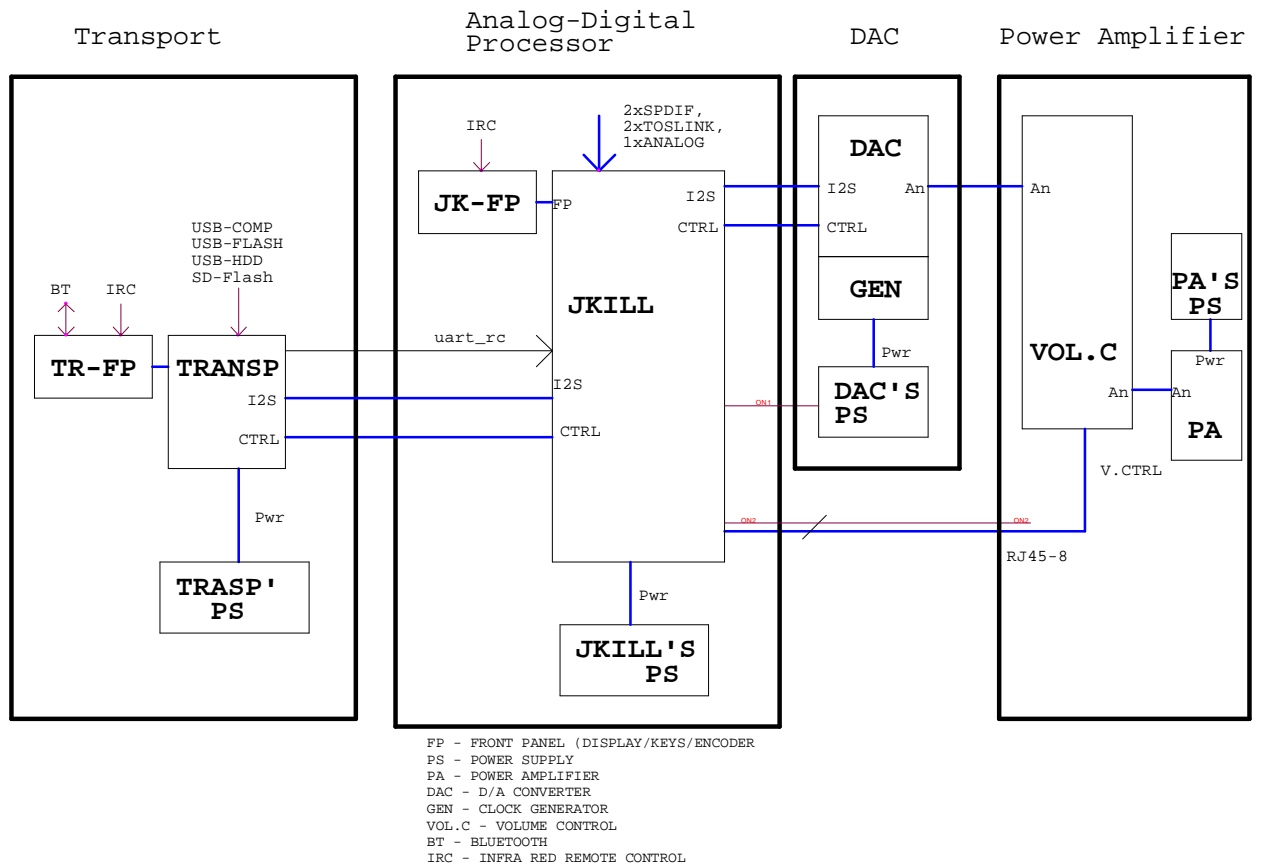


Конструктивное совмещение устройства с транспортом:



Draft версия. Будет пополняться и уточняться по мере подготовки устройства к серии.

Использование в виде отдельных блоков:



Далі буде.