

Предварительная версия для вычитки! v1.0 (6 апреля 2007)

*Kompros: Тока вот не совсем понятно, что значит "без фильтра"?*

*Про сигареты "без фильтра" - усе понятно, а тут...*

*По-любому должно быть что-то типа как у Madonna: "Music, тра-та-та"... ну или типа того.*

=====

## 1) Немного теории

<А кто бы популярно объяснил, зачем нужен в СД-проигрывателе цифровой фильтр перед ЦАПом?>

vizzy:

Цифровой фильтр обеспечивает передискретизацию и интерполяцию, т.е. увеличивает частоту дискретизации и заполняет добавленные отсчеты значениями, рассчитанными по некоему алгоритму, после этого осуществляется собственно фильтрация - срез всего, что лежит выше половины частоты дискретизации исходного сигнала (применительно с аудио фильтрам), фильтрация высокого порядка, но с относительно малыми фазовыми искажениями. Кроме того, в отличие от аналоговых фильтров, цифровые всегда обеспечивают заданную АЧХ и не требуют никакого подбора пассивных элементов :-). Передискретизация также позволяет перенести наиболее мощные помехи в более высокочастотную область, что облегчает их фильтрацию аналоговыми фильтрами низких порядков.

<Что за параметр у ЦАПов: stop band attenuation?>

Painmailer:

Это не у ЦАП'ов, а у фильтров. Означает, на сколько давит фильтруемую полосу.

<Вот чего мне очень не хватает, так это таблицы, где была марка ЦАП и какой у него выход, I или U. Меня часто спрашивают какой транс лучше применить для конкретной МС, а я то и не знаю>

ZugDuk:

PCM56 - токовый небалансный (или по напряжению через встроенный ОУ).

AD1851 - токовый небалансный (или по напряжению через встроенный ОУ).

AD1861 - токовый небалансный (или по напряжению через встроенный ОУ).

PCM63 - токовый не балансный

PCM1702 - токовый не балансный

PCM1704 - токовый не балансный

AD1862 - токовый не балансный

AD1865 - токовый небалансный (или по напряжению через встроенный ОУ). Или в дифференциальном включении (1 чип на один канал), выход балансный.

TDA1541 - токовый не балансный с током 4 мА, но постоянным смещением в 2 мА. В дифференциальном включении (один чип на канал) выход балансный.

Дельтасигма ЦАПы.

Обычно имеют балансные выходы с кучей синфазных помех на выходе.

Требуется обязательная процедура вычитания (преобразование в небаланс) с высоким КОСС для эффективного подавления основной массы помех и дополнительная фильтрация фильтром типа 2-го порядка.

Выходы бывают как токовые, так и по напряжению, но применять транс лучше только для ЦАПов с выходом по напряжению. Это то, что вспомнилось на память.

Забыл сказать, что у ДельтаСигма ЦАПов выход обычно смещенный на 2.5 В.

<Что на выходе у Multibit DeltaSigma?

Ну от 10 Гц до 20 кГц наверное музыка. А что выше по частоте? Какие помехи, какой амплитуды, на какой частоте поселились?>

Lynx:

Выше - всякая дрянь. Особенно - сильно выше, скажем от единиц МГц и далее. Спектр помех практически сплошной с пиками на частотах, соответствующих частотам, кратным текущей частоте дискретизации самих ЦАП и кратным основному мастерклоку (но это уже сильно выше). Уровень (в форме тока) может достигать -45...50дБ.

<Чем отличаются с этой точки зрения ЦАПы типа AD1853, от SwitchingCapacitors DAC фирмы АКМ?>

Всем. У циррусоподобных ЦАП кроме самих модуляторов, еще встроен ФНЧ на переключаемых емкостях (подробности - см. в ж. Радио 1984 года, там был целый цикл статей про это). А это значит, что кроме помех модуляторов, есть еще и кратные частоте работы ключей фильтров помехи от ФНЧ. Они тоже сосредоточены довольно высоко, но результирующий суммарный уровень помех на частотах более 1...2МГц у таких ЦАП существенно выше. Кроме того, в них нет возможности оптимизации аналоговой части, поскольку преобразование  $I/U$  уже выполнено внутри и на весьма говёном ОУ, а вслед за ним стоит еще подобное же чудо в ФНЧ. Про параметры и свойства "накристалльных ОУ" дельтасигмовых ЦАП был обзор у AD в статье про прототип AD1852.

<Что же фильтрует фильтр на переключаемых конденсаторах? Он ведь по идее должен снижать как раз суммарный уровень. Иначе зачем его туда засунули?>

mixxxxxer:

На переключаемых кондерах делаются "универсальные" ФНЧ, позволяющие управлять частотой среза фильтра. Для каждой частоты дискретизации входного сигнала требуется соответствующая частота среза.

В ЦАП подаются сигналы разного формата, с разными частотами дискретизации. При смене частоты дискретизации входного сигнала соответствующий блок управления внутри ЦАП подстраивает выходной фильтр на switched capacitors под требуемую частоту среза (меняет скорость переключения конденсаторов).

Но ведь никто не обещал, что выше (существенно выше среза) все будет монотонно стремиться к нулю. На то и внешняя обвязка существует. Выходные шумы становятся сильно высокочастотными и поэтому их как бы легче (меньшим порядком ФНЧ) можно убирать. В теории..

А разница между одно- и мультибитным дельта-сигмами - в параметрах нойз-шейпинга, т.е. "количестве" и скорости роста шумового пьедестала после звукового диапазона. У мульти- рост существенно меньше, чем у однобитников.. Опять же, в теории..

<выскажите, пожалуйста, Ваши "за" и "против" по поводу балансного включения AD1865, а то получается довольно удобно - по корпусу на канал.>

Dark Abbat:

Я пробовал включать AD1865 балансом. Результат -несколько хуже(правда если только специально вслушиваться), чем при обычном включении. Связано это с неидеальностью ХП матриц левого и правого каналов. Было это во времена моего увлечения лампами. Преобразователем I/U служил транс. С нормальным преобразователем я думаю будет позаметнее.

Лунх:

удобно, но уступает небалансному варианту. причина проста, ее уже обозначил Dark Abbat. Добавлю еще, что, поскольку вид функции дифнелинейности ХП разный для ЦАП даже в одном корпусе, то результирующая дифнелинейность может как увеличиваться, так и уменьшаться, но для хороших результатов потребуется подбор экземпляра ЦАП из некоторого количества (не менее 5...10 шт). в моих экспериментах результирующая ХП иногда получалась немонотонной уже с 14 разрядов (при монотонности каждого из ЦАПов корпуса в 16 разрядов), а иногда - монотонной до 16 разрядов. Уменьшение помех за счет подавления синфазных составляющих невелико, поскольку времена переключения у ключей каждого ЦАП отличаются от другого даже в одном корпусе, и синфазная составляющая помех не доминирует.

Вообще, балансное включение лучше всего для дельтасигма ЦАП, где выходной сигнал формируется путем коммутации ОДНОГО И ТОГО ЖЕ тока и помехи переключения строго синфазны.

<...сравнении РСМ63, РСМ1702-Ж и AD1861-Ж. Особенно интересуют достоинства и недостатки (объективные и субъективные) РСМ1702. I/U для РСМ1702 очень часто строят по схеме инвертир. усилителя (даже в даташите такая схема). Какие недостатки у такого I/U?>

Лунх:

Самая лучшая из указанных - РСМ63. По измеренным объективным параметрам она почти соответствует AD1862, обеспечивая монотонность ХП до 18...19 разрядов. По субъективному звучанию 63-я немного более мягкая и теплая, но чуточку грязнее по сравнению с прохладной и кристалльно-чистой 1862-й. Различия очень невелики и на большинстве трактов их просто не обнаружить. И по большому счету, это уже в большей степени дело вкуса, нежели реальных отличий.

РСМ1702- младшая сестра 63-й, чуточку похуже но все-равно, это ОЧЕНЬ хороший ЦАП.

Ad1861 - полный аналог РСМ61, уступает двум вышеуказанным с грейдами -К, но сама с грейдом -Ж лучше, чем РСМ1702 без грейда. Поскольку у 1861 глитч в несколько раз выше, чем у РСМ1702, при ее применении необходимо уделять особое внимание перегрузочной способности I\U-преобразователя. Преобразователь I\U на ОУ в инвертирующем включении - стандартная схема преобразователя, его свойства зависят от типа примененного ОУ. Наилучшие результаты дает применение сверхскоростных высоколинейных ОУ с ТОС. При применении ОУ малого и среднего быстродействия необходимо применять меры по защите входов ОУ от ВЧ-помех, но это может неблагоприятно сказываться на работе ключей самого ЦАП.

<Друзья, а имеет ли смысл дифференциальное включение дельта-сигмы (на примере мультитбитников AD1865)? По даташиту (AD1853) искажения и шумы уменьшаются на 3 дБ, а есть ли на слух разница, может кто пробовал?>

Лунх:

Не просто имеет смысл, а принципиально необходимо для получения приемлемых результатов. ВЧ помехи на выходах дельтасигмовых преобразователей очень велики, но при этом синфазны если преобразователи выполнены по одной схемотехнике и, более того, одинаковы, если преобразователи выполнены в едином техцикле. Поэтому только используя

дифференциальное включение можно получить чистый от широкополосных ВЧ помех сигнал, и, соответственно, низкий уровень интермод и шумового пьедестала. снижение искажений на 3дБ связано не с дифференциальностью моновключения AD1853 а за счет взаимной компенсации нелинейностей в двух ЦАП.

<А Михаил вроде имел ввиду не использование парафазных выходов - это и так подразумевается, а включение именно двух корпусов (итого четыре парафазных выхода на канал) - в даташитах есть такие схемки "монорежим" называется, вроде>

Лунх:

Ага, было дело. Работает. Чуть лучше обычного включения, но не особо заметно.

<Очень часто встречаю высказывания о том, что такие микросхемы ЦАП, как РСМ63 и AD1862 (якобы) обладают монотонной ХП до 20 разрядов. При этом, когда заходит речь о ЦАП РСМ1702/РСМ1704, указывается линейность и монотонность их ХП на уровне максимум 17-18 разрядов. Сопоставив данные производителя по уровню THD+N (для грейдовых чипов) и посчитав по известной формуле  $ENOB = ((THD+N) - 2) / 6$ , получаю следующие результаты:

РСМ63P-K -100dB ENOB=16

AD1862N-J -98dB ENOB=16

AD1865N-J -90dB ENOB=15

РСМ1702P-K -100dB ENOB=16

РСМ1704U-K -102dB ENOB=16

Или я что-то недопонимаю, или все лучшие ЦАП линейны максимум до 16 разряда?>

Лунх:

Те данные, что Вы привели, взяты из даташитов и являются усредненными параметрами, гарантированными технологическими нормами. На самом деле у микросхем довольно большой разброс линейности ХП. Недаром производители дополнительно указывают еще и худшие пределы, выход за которые является браком. Верхний предел обычно не указывается и теоретически может соответствовать физической разрядности ЦАП. В свое время у меня была возможность и необходимость по работе измерить реальные свойства большого количества ЦАПов AD1861(J), AD1862(J), РСМ63(K), РСМ1702(K), РСМ1704(K). В партиях микросхем было от 80 до 200шт каждого типа. Причем некоторые микросхемы одного типа были разных годов выпуска. Подобное количество в принципе претендует на то, чтобы являться репрезентативной выборкой. В результате измерений, 20-разрядную линейность и монотонность ХП показали только единицы приборов AD1862 и РСМ63 (и то после подстройки), 19-разрядную РСМ63, AD1862 и РСМ1702, 18 разрядную - всех типов, кроме AD1861, 17 и 16 разрядную - приборы всех типов. Измерения производились при подаче 20-разрядного сигнала с генератора кода цифрового синуса частотой 2кГц при частоте дискретизации 100кГц. РСМ1704 работали в 20-разрядном режиме, хотя в дальнейшем проверка их в 24-х разрядном выявила небольшие отличия и позволила считать пару 1704-х (из 200) 19-разрядными :)

Интересно то, что распределение ENOB для всех приборов практически соответствует гауссовой кривой, но дисперсия самая большая у AD1862 и РСМ63. Только в этих двух типах встречались приборы как с 20-разрядным ЭДД, так и с 16-разрядным

## 2) Настройка ЦАП

<Расскажите пожалуйста методику настройки ЦАПа. Имеется в виду какие уровни и каких сигналов надо записать на тестовый диск и чем их лучше сгенерить?>

Lynx:

Есть такой пакет - CoolEdit называется. в нем можно генерить сигналы по точкам непосредственно представляющим уровни дискретных отсчетов. для настройки линейности шкалы удобно использовать сигнал типа "0 (10 отсчетов) - +МЗР (10 отсчетов) - +2МЗР (10 отсчетов) - +3МЗР (10 отсчетов) - ... - +10МЗР (10 отсчетов)... и далее до нуля, а затем вниз по шкале с таким же шагом и длительностями. воспроизводя такой сигнал, подстройкой ХП ЦАП устанавливаешь одинаковые ступеньки в восстановленном сигнале. Это удобно делать, увеличив коэффициент преобразования ток-напряжение в 10...100 раз, чтобы амплитуда была удобной для наблюдения. После ЦАП желательно включить ФНЧ с частотой среза 2...5кГц, чтобы облегчить наблюдение.

...

Подстройка помогает прилично, для любых грейдов. У тех же 1861\1865 можно получить монотонную ХП до 17 (а иногда, правда редко, и до 18 разрядов при диф. нелинейности 1...2МЗР)

Эх, залужу...:

Генеришь любой программой, соундфоржем например, несколько синусоидальных сигналов, например 1КГц, 10КГц 20КГц, с уровнями -60 и -80dB ( причём несколько - чисто для разнообразия :-). Пишешь вавки эти на диск.

Перед настройкой движок потца в среднее положение ( по тестеру, чтоб крутить много не пришлось). Осц включаем сразу после I/U, его чувствительность должна позволять увидеть хотя бы -60, а тем более -80dB. Лучше на момент настройки увеличить резку в ОС I/U раз так в ...цать, чтоб было лучше видно.

Запускаем CD с сигналами и смотрим, видим некоторое подобие ступенек, из которых после фильтрации должен синус получиться. Крутим потц и совмещаем эти ступени относительно нуля - вообще, когда начнешь крутить, сам поймешь что нужно делать. Если смотреть после фильтра, то надо совместить вблизи нуля верхнюю и нижнюю половину синуса. В общем, с моими цапами эта точка была очень близко от среднего положения движка потца.

Второй вариант, более точный, сигналы те же, по спектралитизатору устанавливается минимальный уровень искажений, анализатор цеплять после фильтра.

SergioT:

А я поступил гораздо проще, 1 кгц -60 и -80 на слух очень даже слышно влияние подстройки, настроил по максимальной чистоте тона.

<Переходим на -70 - несколько ступенек, вроде практически одинаковой высоты, крутим, подравниваем, проверяем на -60, не сместились ли полуволны, радуемся, переходим на -80дБ - ступеньки по-выше, опять таки практически одинаковой высоты - считаем настройку завершённой? Да, ступенькеи по сути напоминают пачки импульсов - эт правильно?>

Эх, залужу...:

Все правильно, оно самое. Совместить полуволны синусоиды (которая после аналоговой фильтрации получится) в районе перехода через ноль надо. Ступеньки, похожие на пачки - это просто они уже шумом подзагаженные. На таких уровнях то микровольтных. Т.е. нормальное явление.

<Как настраивать ЦАП на слух? Какой тон подавать и что слушать?>

Эх, залужу...:

синус 1кГц, -50 и -60dB. Крутить по достижении максимальной чистоты тона.

Принципиально важный момент - тест-сигнал генерить в 24 или 32 битах и затем конвертировать в 16 с добавлением дизеринга.

Если сразу сгенерить в 16 битах без дизера - сложно будет отделить искажения ЦАП от искажений квантования тест-сигнала.

<Покрутил. Субъективно там в первую очередь громкость меняется. Есть где то посередине потца точка минимальной громкости. По краям громкость максимальна. Ну по логике вещей тут и должна быть точка настройки.>

чего крутишь-то, цап какой? Громкость меняться не должна в районе правильной точки. Меняется чистота тона. Крутишь и добиваешься отсутствия паразитных призвуков ака есть гармошки.

<Видимо обилие гармонических составляющих субъективно повышает громкость.

Все въехал. В общем так настроить у меня получилось с точностью до 1-го оборота где то. Причем своим осциллографом я не могу точнее настроить. Слишком толстые линии. Плохо видно. Тоже где то до одного оборота, но на слух проще. цап 1862>

Безгрейдовые? А подстроечник какой? У 1862-j и 1865-K четверть оборота на Боурнсе 3296 25-оборотном. По искажометру кстати, не намного точнее.

<Одна безгрейдовая, другая грейдовая. Подстроечник 100 кОм какой то без названия. Вот на Техниксе, где AD1865, там подстроечники из Эльфы. Вот там гораздо лучше все слышно и точность до четверти оборота.

Кстати заметил, что при поставленном на паузу сидюшнике и выкрученной на максимум громкости собственный шум грейдовой микроухи раза в 2 меньше чем безгрейдовой. А шум обоих половинок AD1865 с буквой K находится где то посередине между этими 2мя 1862-ыми.>

<Дмитрий, а имеет ли смысл в вашем новом ЦАПе использовать подстройку линейности AD1865>

Лунх:

Про это я написал в статье. Для грейда -K смысла в подстройке в диф. включении нет, более того, при настройке абсолютной линейности, вид ХП меняется для разных ЦАП неодинаково и эффективность взаимной компенсации снизится.

<А если настроить сначала один ЦАП, затем переключить осциллограф на выход диффусилителя и настраивать второй? Или вообще подстраивать только один для более полного соответствия второму>

Лунх:

И в результате такой настройке на макетном образце на 6шт. AD1865N-K оптимальные точки потенциометров оказывались в точности соответствующими заводской нарезке :-)

<Кстати, грейд j хуже к?>

немного похуже.

### 3) Субъективное / объективное сравнение, выбор ЦАП

<Интересует мнение о том какой из ВЫПУСКАЕМЫХ сейчас ЦАПов лучше? Из мультитбитных.>

Лунх:

Из этого, наверное PCM1704U-K, далее PCM1702U-K, они примерно одинаково смотрятся с AD1865\AD1861, разве что у AD подстройка есть, но они

физически 18-разрядные, то есть грейд -К можно при наличии выбора из 10...12шт догнать до 17...18 разрядов монотонности и диф. нелинейности менее 1мЗР, а 1702 с грейдом -К обеспечат те же 17 разрядов. 1704 тоже реально дадут 17...18, в лучшем случае 19 разрядов, но они поскоростнее, и энергия помех переключения у них немного меньше.

<чем отличается AD1865N-J от AD1865N-K ?К-грейд стоит дороже, а различия не видно.>

Viking:

У К грейда меньшие искажения.

<имеются несколько ЦАПов AD1860N - уже снятые с производства. По характеристикам похожи на AD1864. Стоит ли их применять для современных высококачественных ЦАПов или это уже совсем раритет?>

Lynx:

СтОит. Это очень хорошие ЦАП.

<к продукции АД я только приглядываюсь, использовать их не собираюсь (в сравнении с ББ у них есть некоторые недостатки, и один существенный)>

Lynx:

Если посмотреть с другой стороны, то это - достоинство. Более того, линейность АДшных модуляторов выше (проверялось неоднократно), а меньший выходной ток создает более благоприятные условия для работы преобразователей I\U.

MikeF:

У AD1955 выходной ток поболее, чем у РСМ179х, а он самый линейный у АД, кстати сильно ли ему уступает AD1853? В даташитах ему дают 20бит а 1955 - 24.

Lynx:

Неправильно. Почти вдвое меньше, чем у 1792\1794.

Не уступает. В совокупности с ОУ преобразователя, линейность у Ad1853 может быть даже выше. Но у 1853-й не отключить встроенный ЦФ, а 1955 можно использовать только в качестве модулятора с внешним ЦФ, тем же SM5847.

Dark Abbat:

При задании начального тока модулятора внешним резистором, линейность AD1853 выше, чем у AD1955 за счет большего эквивалентного сопротивления источника тока питающего модулятор. Но для улучшения подавления синфазных помех от модуляторов разброс сопротивлений подтягивающих резисторов должен быть минимальным (желательно не более 0,1%). То же самое относится и к резисторам в цепях ООС преобразователей I/U

MikeF:

неправильно? у АД 8,64ма, у РСМ - 7,8ма; дифф. от пика до пика в обоих случаях.

Lynx:

Неправильно. У 1792\94, 7.8мА - это полная амплитуда тока на КАЖДОМ из выходов, та же величина для 1955 составит 4.32мА.

Правильные данные приведены в конце даташита Т1 на графике зависимостей выходного тока от кода.

nazar:

У АД только одно аналоговое питание, а у ББ три, а это для дельты ОЧЕНЬ существенно. У ББ должен быть меньший ультразвуковой шум чем у АД (из за архитектуры ДС модуляторов), но вот вых. ток побольше.

Lynx:

Для "дельты" с дифференциальными выходами и единым источником опорного тока это как раз все равно. Подавление помех в питании после суммарно разностной обработки у AD1955 превышает 90дБ практически на всех частотах за счет очень высокой степени идентичности модуляторов. Три питания у TI - это в первую очередь топологическая фишка для упрощения трассировки и не более, чем...

"ультразвуковой шум..." тоже не соответствует действительности. У PCM1792 интегральный уровень помех (после I\U) на частотах до 500кГц (выше не смотрел) близкий или даже чуть больше, чем у AD1955. Этот параметр был очень существенным для генераторов псевдошумовых сигналов и мы его достаточно тщательно отслеживали при разработке систем.

<чем отличаются TDA1543 и TDA1543A>

nazar:

i2s & RJ

Dark Abbat:

DIR1703 хуже CS8412 в плане того, что содержит SPACT, которая непонятно чем занимается (предположительно асинхронный реклок). Кроме того выходные данные у нее не всегда соответствуют входным. Об это я писал на ussr. Чем это вызвано не знаю и выяснять нет желания. CS8412/14 этой болезнью не страдает. А что касается хороших мс ЦАП - это (в порядке предпочтения) AD1862, PCM63, AD1865, AD1851/61, PCM56.

Раз уж речь зашла о тазаках с водой, добавлю, что весьма не рекомендуется отмывать в ультразвуковых ваннах платы с вышеуказанными мультибитниками - возможно ухудшение их монотонности (информация от AD)

<Что скажете о PCM1710 ?>

Dark Abbat:

Ничего выдающегося, обычная дельта-сигма 20 бит. У меня на работе ЦАП под USB на ней. AD1853 значительно лучше.

...

Новые модификации - это все что появилось после 2002г. AD1896 производства 2001-2002 г 48 бит не берут и вообще отличаются повышенной глючностью, по сравнению с более новыми. Что касается новых, AD умалчивает о поддержке режима 48 IIS, но по крайней мере из 4-х мной испытанных - все поддерживали.

...

Просто на FPGA можно реализовать значительно более совершенный фильтр. 1896 как бы она не была хороша, все же уступает по звуку SM5842.

...

DF1704 я пробовал, по звучанию она примерно как AD1896 в асинхронном режиме, только чуть резче. В синхронном режиме AD1896 согласно моему субъективному восприятию гораздо лучше, чем DF1704, но хуже, чем SM5842. Насчет сравнения, действительно, при слепом тесте очень трудно, определить, что играет, но длительное прослушивание все ставит на места, с DF1704 я могу прослушать от силы один компакт, потом наступает утомление и нежелание слушать, AD1896 я могу слушать 3-4 часа без каких либо признаков утомления. Музыку я слушаю в наушниках Sennhaiser HD600, усилитель транзисторный, без ООС.

Что касается психоакустики, то тут все гораздо проще - берется SM5842, снимаются ее передаточные характеристики и на их основании в Матлабе вычисляются коэффициенты фильтра.

...

<Dark Abbat, а как эта FPGA в плане ВЧ помех ?>

Шумит она достаточно сильно, поэтому нежелательно объединять ее в одном корпусе с аналогом. Но все же меньше, чем ADSP21065, помеха от которого ловится на расстояние до полуметра от микроу.

Semigor:

TDA1543 - дерьмо редкое.

Если хочешь создать народный ЦАП - состыкуй CS8412 с LC7881. Он мультибитовый, стоит доллар, звучит хорошо и имеет выход по напряжению без встроенных ОУ.

belka:

никогда не слышал CS4328, к сожалению. Много слышал своими ушами изделия на CS4390. По сложившемуся мнению изделие для пацанов, ламеров, и производителей дешевой техники. Хочу попытаться защитить девайс. При грамотном проектировании и изготовлении цап на этой микросхеме звучит очень хорошо! На выход ей нужно поставить добротный изготовленный трансформатор, можно перемотать польский сетевик, например - и 'укрыть' многочисленные поделки фирменных производителей никаких проблем. Как её питать? От стабилизатора Д815 !!! И всё. Посчитать затраты на элементы - ничего лучшего для вечно торопящегося и бедного студента не придумать. Послушать грамотно приготовленное изделие на ней - а надо ли делать лучший дак?

Есть кристаллу сильнейший конкурент (да и лучше она) - AD1853, только трансформатор к ней изготовить сильно сложнее...

Подробности о трансформаторе и "красивом" включении CS4390 можно спросить у Жени Одессита и его ближайшего единомышленника Игоря Тэслы - <http://www.sky.od.ua/~eugeniy/>

Lynx:

По поводу DF1704. Использование буферного усилителя, размещенного на кристалле для организации генератора годится только для удешевления системы. Генератор, построенный на нем обладает большим уровнем фазового шума и, соответственно, джиттера по ряду причин, основные из которых это высокий уровень помех по питанию и через емкостную связь на данный элемент от остальной схемы ЦФ и КМОП структура данного буфера, обладающая большим уровнем фликкер-шума, который в схеме автогенератора за счет амплитудно-фазовой конверсии вызывает высокий уровень фазового шума генерируемого сигнала. поэтому внешний генератор при прочих равных условиях ВСЕГДА выигрывает у генератора на встроенных на кристалле элементах по кратковременной стабильности и фазовому шуму. Более того, на практике обеспечить хорошие условия работы внешнего генератора получается гораздо проще, что еще в большей степени увеличивает преимущества внешнего генератора.

По поводу включения внешнего ЦАП - уж если гонишь мастерклок в транспорт, т.е. лезешь в него и дорабатываешь, то тогда SPDIF совершенно не нужен даже идеологически (зачем применять дополнительные достаточно сложные микроу, которые создают свои помехи и в питании, и в эфире), проще и лучше взять из транспорта I2S или EIAJ и в диф. виде (тот же RS485 или LVDS) передать в ЦАП.

Пересинхронизация принципиальна только для одного сигнала - Latch или WCK, для остальных - вопрос максимализма. Теоретически "дрожание" помехи от остальных сигналов, конечно, могут наводиться на аналоговую часть, добавляя некоррелированную помеху со статистическими параметрами, т.е. случайный процесс второго порядка, и, наверное, какое-то влияние это

оказывает, но очень небольшое, я, например, смог более-менее достоверно различить разницу только максимум пару раз в жизни. Остальное, как выше говорил Dark Abbat во многом определится самовнушением.

Пару слов про CS43xx. Циррусовская продукция в принципе, неплоха, но до определенного уровня. У ЦАПов, что 29-х, что 90-х, есть предел достижимого качества, который не зависти ни от качества питания, ни от их внешней обслуги. Этот предел заложен самой структурой данных микросхем, а именно, встроенным ОУ преобразователя ток-напряжение, качество которого весьма низко, поскольку он выполнен на технологической структуре, оптимизированной под построение логических устройств, и первичным восстанавливающим фильтром на коммутируемых конденсаторах, удобным для интегральной реализации, но вносящим значительные некоррелированные с сигналом ВЧ-помехи в ультразвуковой области как аддитивного, так и мультипликативного характера.

И если при использовании тех же AD1853, AD1955, PCM1738, PCM1794 предельное качество определяется именно свойствами их модуляторов (самый линейный - AD1955) и тактирования оных, а преобразователи I/U и ФНЧ можно сотворить сколь угодно качественными, без ограничений, налагаемых технологией кристалла, то CS43xx ограничены в качестве именно на структурно-технологическом уровне, внести изменения в который мы не в состоянии. Собственно, это подтверждается и субъективными результатами - ЦАП на AD1853 с внешним I/U существенно превосходят CS4329, CS4390, AKM4393, AD1852 со встроенными I/U и ФНЧ.

<В конце концов существуют индустриальные 16 и 18- битники с параллельным интерфейсом. Можно и на них>

Лунх:

И долго еще будут существовать. Только придется с глитчем побороться, ну что ж, тоже определенное поле деятельности :-)

Можно и дельтасигмы "пожевать", ведь принципиально они уступают параллельным только в двух свойствах - большем уровне ВЧ-составляющих на выходе (есть повод думать над устройствами и конструкциями, малочувствительными к таковым) и большой длиной АКФ (с этим ничего не поделаешь, придется смириться).

AD1139 вот-вот снимают с производства, техпроцесс AD1862 слили Rochester Electronics, AD760 тоже под угрозой, DAC729 сняты уже как лет пять, и ходят упорные слухи, что недалек тот день, когда и PCM1702, а следом и 1704 будут объявлены obsolete products :-)

В общем, убираем гордость куда подальше и все переходим на дельтасигмы. Справедливости ради следует заметить, что и среди них есть весьма неплохие приборы, те же AD1955, PCM1794, SM5865. А с нарушениями АКФ сигналов уж как-нибудь смиримся, как смирились в свое время с CD...

<Ктонибудь пользовал в своих разработках SM5865?>

Лунх:

Очень хорошие модуляторы. Я работал с SM5865BM и SM5865CM. Первые похуже, вторые вполне достойны. Но, все-таки, по собственной линейности самые лучшие - это модуляторы AD1955, они обеспечивают при соответствующей обвеске уровень нелинейных искажений -112...114дБ, а SM5865CM и PCM1794 - в лучшем случае -110...111дБ.

Учитывая это я бы назвал модуляторы у AD1955 лучшими сегодняшней день.

1702 и 1704 практически одно и то же, несмотря на заявленную у последних 24-х разрядность. С точки зрения реального разрешения по монотонности и дифференциальности ХП 1702-К и 1704-К обеспечивают 17...18 разрядов, в редких случаях можно из очень больших партий выбрать 19-разрядного разрешения, РСМ63Р-К при полной реализации всех настроек и подборе из партий в 20...40шт дают 19 разрядов разрешения, иногда 20. AD1862- J также при настройке и подборе могут реализовывать 19...20 разрядов, но несколько с большей вероятностью, чем РСМ63-К. Но, к сожалению, оба лучших типа ЦАП сняты с производства в связи с высокими затратами при их изготовлении и, соответственно низкой рентабельностью.

<есть AD1852 и CS4398. У Кристалла характеристики лучше (флагманская модель), но не хвалят её (впрочем и не ругают тоже - видимо никто не сталкивался с ней в лоб).

АД попроще, но к ней уважения больше. Что посоветуете.>

Lynx:

AD1852, как и CS4398 содержит встроенные преобразователи I\U, но, в отличие от последней, не содержит встроенного ФНЧ на переключаемых конденсаторах, что само по себе является существенным преимуществом. Структура 1852-й в свое время (1996г.) рассматривалась в докладе Т. Kwan "A stereo multibit Deltasigma DAC with asynchronous masterclock interface", вызвавшего некий шок у конкурентных производителей.

<Пытаюсь найти объяснения плохим отзывам о ЦАПах цирроз при высоких объективных характеристиках.>

Эзотехник:

Для выявления паразитных шумов дельтасигма ЦАП существует так называемый "тест Джона Новикова".

[http://groups.google.com/group/fido7.pvt.sound.pro/browse\\_frm/thread/6001be17e65f6ffe](http://groups.google.com/group/fido7.pvt.sound.pro/browse_frm/thread/6001be17e65f6ffe)

Подаётся синус с периодом 10-20 с, максимальной амплитуды и слушаются (измеряются) шумы и завывания в звуковом диапазоне, где должна быть полная тишина. Производители оборудования и авторы программ типа RMAA его не используют, наверное потому что некрасивые цифирки получаются.

Dark Abbat:

Да, на инфранизких частотах дельтасигма может терять устойчивость. 2 года назад я на этом очень сильно накололся.

Техасовская АЦПуша, 4 канала, тип уже не помню, при медленно изменяющемся сигнале на входе давала импульсы случайной амплитуды длительностью в несколько десятков мкс.

<что посоветуете из дельтасигм - AD1853 или РСМ1794? Есть ли смысл делать гальваноразвязку? Источник pioneer 507 с 48bit RJ. Поддерживают ли эти ЦАПы этот формат или надо сдвигать ВСК?>

Lynx:

Однозначно 1853. У нее меньше выходной ток модуляторов, соответственно, значительно меньшие требования к ОУ преобразователей.

Развязку делать можно, только эффект от нее будет значительно меньшим, чем при работе с мультибитными ЦАП из-за наличия встроенного ЦФ в дельтасигмах, являющегося источником внутренних помех.

с 48RJ эти ЦАП правильно не работают, поэтому нужен преобразователь 48 - 64ВСК.

#### 4) Цифровые фильтры (Digital Filters)

<для цф есть готовые цф>

Dark Abbat:

Вот только не каждый из них может переиграть 1896 в синхронном режиме (NPC5842/47 разумеется не в счет). Но новичкам в цифровом звуке связываться с 1896 не советую, т.к. в синхронном режиме она весьма и весьма капризная.

Lynx:

Хочу заметить, что использование распространенной и недорогой AD1896 в качестве ЦФ вполне оправдано со многих точек зрения, поскольку ее интерполирующий фильтр работает с высокой точностью и обеспечивает отличные характеристики фильтрации, что проявляется в хорошем субъективном восприятии этой микрушки в качестве ЦФ (по крайней мере, она заметно лучше, чем DF1704\DF1706, SM5840, SM5841, SAA7220) и вполне сопоставима с DF1700 (SM5813), SM5803 и SM5843 (а в чем-то даже лучше последней). Более того, при использовании 1896 появляется возможность простейшим способом изменять кратность передискретизации с коэффициентами 2, 3 и 4.

Хотя, с другой стороны, Dark Abbat абсолютно правильно отметил, что есть определенные сложности в реализации истинного синхронного режима, но это уже проблемы не микросхемы, а пользователей данного продукта :-)

<А ЦФ ты использовал?>

belka:

Да, SM5842. Между приборами 5842, 5847 и другими фильтрами - пропасть.

Dark Abbat:

DF1700 по звуку на одном уровне с AD1896 в синхронном режиме. SM5847 будет несколько лучше. Но разница будет слышна только на хороших дисках

<PCM1798 отличается от PCM1794 цифровым фильтром. Вопрос такой: можно ли без ущерба для качества "прикрутить" к 1798 аналог от 1794 (I/V и 1-order LPF)?>

Kompros:

Конечно можно, но качество должно отличаться, т.к. параметры ЦФ у микрух разные. Что касается LPF первого порядка, то, ИМХО, что для 1798, что для 1794 этого мало.

Lynx:

Не только. У 1794 более линейные и сильноточные модуляторы. Для многоуровневых дельтасигм похожих типов (AD1853, 1955, PCM1738, 1792, 1794, 1796) оптимально использовать фильтр 2-го порядка.

## 5) Преобразователи I/U (ток/напряжение)

<трансформатор после ЦАП-а складывает противофазные выходы цапа - нивелируя проблемы шума источника питания (стабилитрона) и частично шум самих модуляторов.>

Dark Abbat:

Увы, это только теоретически. Неидентичность плеч трансформатора не позволяет достичь приемлемого подавления синфазных помех даже в звуковом диапазоне, а уж о радиочастотном и говорить нечего. Гораздо лучше с этим справляются высокоскоростные дифференциальные усилители, н-р AD8132, AD8138, они и звучат кстати лучше.

Lyux:

По поводу трансов мое субъективное мнение резко отрицательно. Лет 7...8 назад я пытался приторачивать трансы (и самодельные, и Tango NC, и Lundahl1, и Jensen JT) к разным типам ЦАП (PCM63, PCM1702, AD1862, AD1865, AD1853), но результат всегда получался один и тот же - т.н. "красивый", но не точный звук, который лично меня стал раздражать. объективные измерения подтвердили существенный рост интермодового пьедестала при применении трансов.

Насчет подавления синфазных помех ЦАПов трансми - это работает до частот от силы в 50...100...150кГц, далее (где, собственно начинается рост спектральной плотности помех у дельтасигмовых преобразователей) начинается резкий спад подавления за счет асимметрии распределенных и межобмоточных емкостей, индуктивностей рассеяния обмоток, ухудшения потокосцепления в магнитопроводе с ростом частоты, и т.п. и уже на частотах в 200кГц дифференциально-однофазные преобразователи типа AD8130 превосходят те же NC22 по величине подавления синфазной помехи на 30...40дБ.

Лично мое мнение - любой трансформатор в звуковом тракте - лишняя деталь, вносящая существенные искажения, которые могут иногда придавать звуку некую "красоту", но всегда в ущерб точности и нейтральности. И если в ламповых конструкциях данное зло зачастую необходимо для согласования сопротивлений ламповых каскадов с низкоомной нагрузкой, то в полупроводниковом тракте, где проблема не особо актуальна, применение трансов мне непонятно.

<Какой резистор сравнится в качестве с встроенным в DAC?>

Lyux:

тонкопленочные с мало-ЭДС-ными выводами или металлофольговые (только не путай с metal-film- это металлопленочные). чем качественнее, тем лучше. Но, в первую очередь, желательно, чтобы его ТКС был таким же, как и ТКС встроенного.

\*\*\*

<Интересно, а как ЦАПы типа PCM1704 относятся к резистору?>

belka:

Любой мультибитник желательно нагружать на резистор минимального сопротивления, но выходное напряжение в таком случае получается очень небольшим. Поэтому я и говорю за PCM63 - у неё ток выходной в разы больше остальных, соответственно и выходное напряжение при прочих равных условиях получается больше. Вышесказанное является одной из причин того, что в системе появляется трансформатор, он позволяет полноценно работать с небольшими резисторами. Обратите внимание, какого качества должен быть этот самый резистор, впрочем и трансформатор. Правильный трансформатор позволяет избавиться от послепеапового фильтра, что тоже очень важно. Достоинства такого выходного каскада ещё можно перечислять. И за активный усилительный элемент схемы забывать не надо, он должен находиться непосредственно рядом с входным трансформатором. И нагружен должен быть тоже трансформатором. За рубежом часто гонят выходное напряжение непосредственно с выхода послепеапового трансформера, пытаются 'продавить' емкость кабеля таким хилым сигналом. ИМХО, это не верно. Никто ведь не хочет иметь вялый, нединамичный, звук. Поэтому считаю, что без лампочки тут никак не обойтись.

Назову и отрицательный момент - цена. Такой выходной каскад очень дорого стоит, это не только б.г. вешать на ножки микросхем, это дороже. :-)  
В заключении. Если активный каскад переключать селектором от послепеапового трансформера на просто входные клеммы, получаем ещё и

прекрасный пред. При этом цап, помните раньше в передачах стояли винилкорректоры, можно выключать. Получаем прекрасное устройство и минимум соединительных кабелей.

<Если, например происходит преобразование тока в напряжение при помощи резистора, можно ли туда (параллельно резистору) еще кондерчик подцепить для организации фильтра. Пробовал - работает, но не приводит ли к ухудшению точности преобразования?>

Lynx:

Можно, даже нужно. Только кондерчик нужен высокочастотный - слюда или однослойная керамика.

anli:

Получается, что у токового выхода настолько большое выходное сопротивление на всех надзвуковых частотах, что такой конденсатор ничем этому токовому выходу не в тягость?

И ещё вопрос. Точка, к которой присоединён другой вывод R, должна иметь входное сопротивление, близкое к нулевому. Тогда получается, что конденсатор можно параллельно R, а можно и на землю с тем же (лучшим?) эффектом?

Lynx:

Да, выходное сопротивление весьма велико, не менее килоома, его величина даже нормируется для некоторых типов ЦАП, и токовый выход таких ЦАП вполне допускает работу на КЗ, более того, с точки зрения линейности ХП, это наилучший из всех возможных режимов.

Второй вывод резистора заземляется, либо подключается на потенциал, соответствующий потенциалу покоя токового выхода. Собственно я и говорил (см. выше), что конденсатор подключается параллельно резистору, выполняющему преобразование  $I \setminus U$ .

rokos:

Кстати, да. Я это проверял на природе, поэтому меня смущают веяния по замене нормального  $i/v$  на единственный резючок, да ещё с комментариями, что так гораздо лучше.

Lynx:

Меня они не просто смущают, а противоречат тому, что, во-первых, я слышу, а во-вторых, что измеряю.

belka:

Я тоже в природе проверял, и даже рассказывал тут про результаты и поэтому меня резючок совсем не смущает.

## 6) Общие вопросы

<Подскажите РСМ1794 (РСМ1792) понимают 48 битный(на период ЛРЦК) битклок? И как обстоят дела с етим у АД1853, АД1955?>

Kompros:

Ага, нашел в первой ЦАПовой ветке про свои опыты с РСМ1798 - точно кушает 48b/w => и другие РСМ179х обязаны.

Lynx:

AD1853 и 1955 не понимают, несмотря на все заверения даташитов:-(

<Ребята, кто-нибудь пробовал запускать АД1865 в дифф. включении с так называемым "рваным клокком", а то не все микрушки его любят.>

Lynx:

AD1865 в общем-то по барабану, какой клок. Главное соблюсти временные интервалы. Кстати, в стандартном включении с теми же SM5842, SM5847 клок для 1865-й как раз разорван, поскольку при такте 384Fs для ЦФ, вход ВСК у AD1865 тактируется пачкой из 18 импульсов в 24-х таймслотовом периоде.

<Разъясните пожалуйста маркировку цапа AD1862NZ. Z это что? Год 92.>

Crunch:

Pb-free, выводы без свинца.

Lynx:

Такого обозначения документация от AD не предполагает. Возможно, эти ЦАП выпускались под заказ для какой-либо фирмы, как, например, для Denon, маркировавшиеся AD1862D.

Бессвинцовых 1862-х существовать не может в принципе, поскольку они сняты с производства ДО введения в действие и даже до принятия директивы ROHS.

Dark Abbat:

Внимание!!! Появились китайские подделки под РСМ63. Внешне они ничем не отличаются от фирменных, внутри убогая дельтасигма с встроенным клоком. Будьте внимательны!!!

==== To be continue...

Большое спасибо авторам вопросов, - как известно, без правильного вопроса нет правильного ответа.

Первая ветка (начало)

<http://www.vegalab.ru/forum/showthread.php?t=169>

Вторая ветка (начало)

<http://www.vegalab.ru/forum/showthread.php?t=2187>

Третья ветка (начало)

<http://www.vegalab.ru/forum/showthread.php?t=9714>

© сайт "Немного Звукотехники" [www.vegalab.ru](http://www.vegalab.ru)

=====

**Тиражирование и воспроизведение этого документа - в любой форме, полностью или частично, возможно только при письменном разрешении администрации сайта и форума "Немного Звукотехники" ( [www.vegalab.ru](http://www.vegalab.ru) ), и/или согласия авторов материалов данного документа.**