

«Выбор есть всегда...» или модуль ЦАП Lynx28

*«Если, придя поздно вечером домой, ты по ошибке вместо воды выпил проявитель, то для завершения процесса, выпей и закрепитель...»
Инж. К. Прутков, мысль № 13.*

Всеобщая деградация человечества, проявляющаяся буквально во всех сферах жизни, не преминула затронуть и электронную промышленность. Уже неоднократно отмечалось, что наиболее сложные, качественные и дорогостоящие продукты успешно «вымываются» из производственных программ всех без исключения производителей, а на их место приходят посредственные, технологически простые и удобные изделия, рассчитанные на удовлетворение невзыскательного вкуса среднестатистического американского обывателя, такие электронные аналоги фастфуда.

С каждым уходящим днем отыскать компоненты, которые бы могли удовлетворить слух более утонченный и чуткий становится все более и более сложным занятием. Что же на сегодня предлагается производителями компонентов в области цифро-аналогового преобразования? По сути, на 90% это разнообразные версии дельта-преобразователей. Отыскать в таком содержимом авгиевых конюшен жемчужное зерно может быть весьма проблематичным. Критерии такого поиска могут быть следующими:

- ЦАП должен содержать минимальное количество каналов на кристалле
- ЦАП должен быть многоуровневым
- ЦАП должен иметь токовый выход
- ЦАП не должен содержать встроенный ЦФ, либо таковой должен быть отключаемым.

В той или иной мере вышеперечисленным условиям отвечают приборы трех производителей: NPC, TI и AD. Но у двух последних фирм есть в лучшем случае лишь двухканальные приборы, а одноканальные, да к тому же и без ЦФ выпускаются только NPC. Это известные ЦАП типов SM5865BM и SM5865CM. Обе микросхемы при несколько различной структуре практически полностью совместимы по выводам, но более новая модификация CM обладает несколько меньшими искажениями и большим динамическим диапазоном.

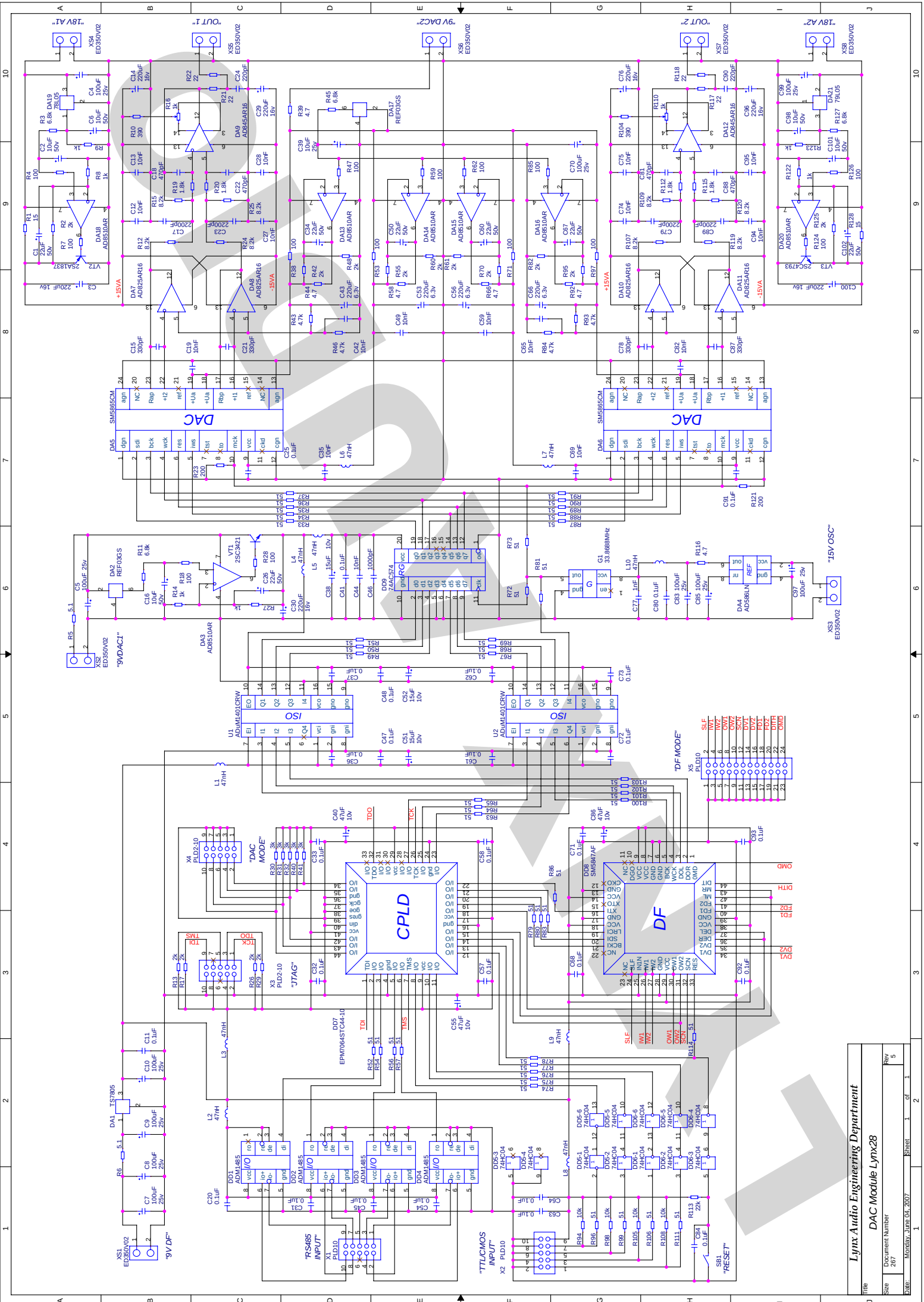
В свое время на этих микросхемах мною был изготовлен опытный ЦАП Lynx23, работа нескольких экземпляров которого подтвердила достаточно высокий звуковой потенциал ЦАП SM5865. К сожалению, ЦАП Lynx23, как опытная модель, не лишен ряда существенных недостатков. В первую очередь к таковым относится неоптимальная компоновка элементов на печатной плате и высокая плотность их монтажа. Кроме того, при трассировке печатной платы не были учтены факторы электромагнитной совместимости цифровых и аналоговых цепей. Несмотря на выявленные недостатки, ЦАП Lynx23 обладал очень хорошим звучанием и это послужило основанием для того, чтобы продолжить данную линейку устройств и сконструировать новый ЦАП, получивший название Lynx28, в котором учтен опыт разработки и эксплуатации младшей модели.

Принципиальные изменения по отношению к Lynx23 заключаются в следующем:

1. Применение четырехслойной печатной платы со сплошными полигонами земли во втором слое
2. Применение гальванической развязки цифровой и аналоговой частей схемы
3. Применение дополнительного регистра пересинхронизации
4. Специальные меры по экранированию и согласованию линии передачи тактового сигнала ЦАП

Последние три пункта требуют дополнительного пояснения. Гальваническая развязка «цифры» и «аналога» - одно из эффективнейших средств борьбы с помехами, проникающими от цифровых устройств на аналоговый выход. Ее применение не просто оправдано, а подчас является единственно возможным средством получения низкого уровня помех в широком диапазоне частот. В ЦАП Lynx28, как и в большинстве других моих изделий, развязка выполнена на основе весьма удачных микросхем серии ADuM1xxx от AD (см. принципиальную схему). Поскольку апертурная неопределенность данных развязок достаточно велика (их принципа их работы), то после них включен регистр пересинхронизации, выравнивающий все фронты сигналов перед подачей на ЦАП. Может показаться, что эта мера излишняя, поскольку сами SM5865 имеют в своем составе входные регистры, тактируемые от мастерклока ЦАПов. Но первоначальные эксперименты показали, что без внешнего регистра в работе ЦАП могут время от времени возникать сбои, особенно в режиме 24-х разрядных входных данных. В 20-разрядном режиме этих сбоев не наблюдалось. Применение регистра полностью решило эту проблему.

В ходе исследований разных типов дельтасигма ЦАП обнаружилось, что на субъективное звучание их довольно сильно влияет качество тактового сигнала. Для того, чтобы исключить воздействие внешних помех на довольно длинные линии тактового сигнала от генератора до микросхем ЦАП было применено



сплошное экранирование линии мастерклока посредством сплошных «земляных» экранов во 2 и 4-м слоях платы, между которыми проложена указанная линия. Сама линия выполнена согласованной, для того, чтобы исключить искажения формы сигнала генератора на выводах ЦАП. Кроме того такое решение резко (на 30...40дБ снизило излучение в окружающее пространство частот нечетных гармоник тактового генератора (3, 5, 7, 9, 11), что очень благоприятно отразилось на общем уровне помех в аналоговом сигнале в широкой полосе частот.

Поскольку все тайминги SM5865 жестко определены внутренней структурой микросхемы, то подстройка входных таймингов для нее не дает никакого эффекта. В связи с этим такая подстройка и не осуществляется, что позволило обойтись ПЛИС малой емкости и невысокой стоимости, в которой выполняется лишь преобразование входных форматов представления данных, осуществляются простейшие функции передачи сигналов управления режимами ЦАП и коммутация входов модуля.

Как и предыдущие модели, ЦАП имеет два входа – TTL и RS485. Цифровой фильтр – известный прибор SM5847AF. Управление режимами его работы осуществляется с помощью переключателей на колодке X5, либо путем подачи на нее соответствующих сигналов в TTL-уровнях.

В аналоговой части основной особенностью является применение отдельных стабилизаторов параллельного типа на ОУ AD8510 и общем ИОН для всех питаний микросхем ЦАП. Поскольку ток потребления SM5865 невелик, то оказалось возможным выполнить такие стабилизаторы без применения дополнительных внешних транзисторов на выходе ОУ.

В преобразователях ток-напряжение применены ОУ типа AD825AR16. Как выяснилось в ходе ряда экспериментов, микросхемы в 16-выводном корпусе обладают несколько меньшими искажениями и лучшим звучанием, чем аналогичные в 8-выводном. На плате предусмотрено место для установки как 16-выводных, так и 8-выводных корпусов для всех ОУ в сигнальном тракте. Разностный усилитель совмещен с восстанавливающим ФНЧ и выполнен на ОУ AD845AR16. Предусмотрена возможность применения AD8610 (с соответствующим снижением напряжений питания ОУ) и других приборов. Цепи балансировки можно коммутировать согласно типовой схеме конкретного примененного ОУ при помощи установки на плату соответствующих низкоомных резисторов в требуемые цепи.

Устройство выполнено практически полностью на SMD-элементах, в том числе и электролитических конденсаторах для поверхностного монтажа. В цифровой части применяются Sanyo CV-FS и SVP, в аналоговой – Sanyo CV-FS и CV-AX.

В таблице 1 приведены функции переключателей колодки управления режимами работы ЦФ:

Таблица 1

№ замыкаемых контактов	Реализуемая функция или параметр	Значение параметра	
		разомкнуто	замкнуто
1 - 2	Выбор тактовой частоты ЦФ	192Fs	256Fs
3 - 4	Установка длины входных данных 1	<i>согласно описанию</i>	согласно описанию
5 - 6	Установка длины входных данных 2	<i>согласно описанию</i>	согласно описанию
7 - 8	Установка длины выходных данных 1	согласно описанию	<i>согласно описанию</i>
9 - 10	Установка длины выходных данных 2	согласно описанию	<i>согласно описанию</i>
11 - 12	Внутренняя синхронизация ЦФ	согласно описанию	<i>согласно описанию</i>
13 - 14	Деление тактовой частоты	<i>согласно описанию</i>	согласно описанию
15 - 16	Деление тактовой частоты	<i>согласно описанию</i>	согласно описанию
17 - 18	Выбор постоянных времени деэмпфазиса 1	согласно описанию	<i>согласно описанию</i>
19 - 20	Выбор постоянных времени деэмпфазиса 2	согласно описанию	<i>согласно описанию</i>
21 - 22	Режим дизеринга	выключен	включен
23 - 24	Передискретизация	8Fs	4Fs

Синим цветом отмечены типовые установки при работе с большинством аппаратов формата CDDA.

В таблице 2 приведены функции переключателей колодки управления режимами работы ЦАП:

Таблица 2

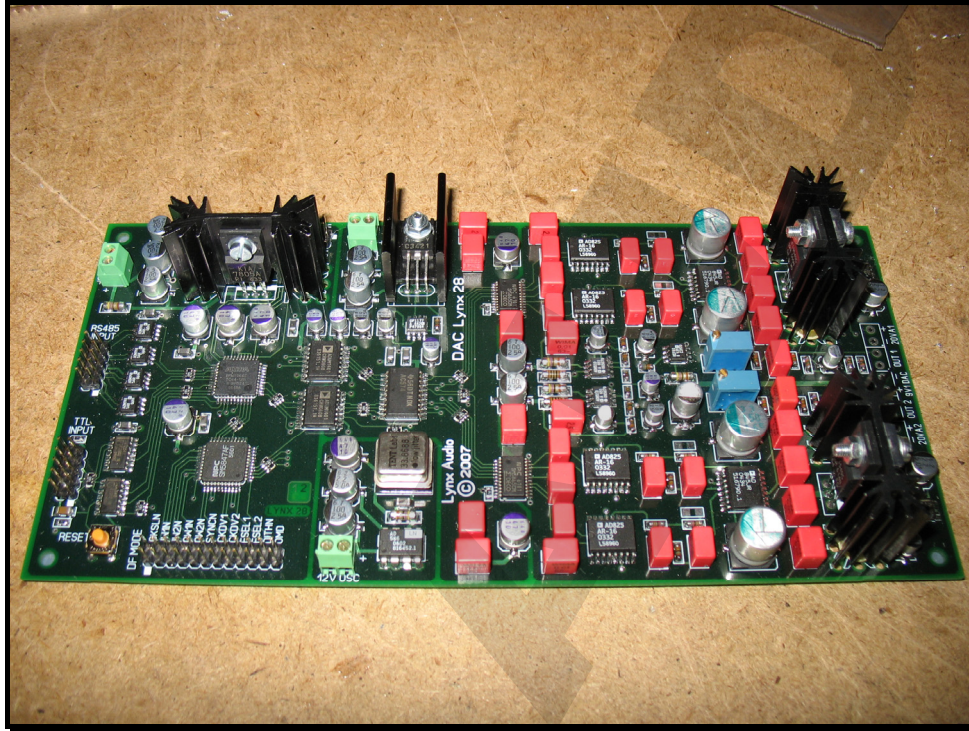
№ замыкаемых контактов	Реализуемая функция или параметр	Значение параметра	
		разомкнуто	замкнуто
1 - 2	Резервный	норм	
3 - 4	Режим работы ЦАП по длине данных	20 разрядов	24 разряда
5 - 6	Входной формат	RJ	I2S-48
7 - 8	Выбор входа	RS485	TTL
9 - 10	Деэмпфазис	включен	выключен

Питания устройства осуществляется от 6 независимых стабилизированных источников:

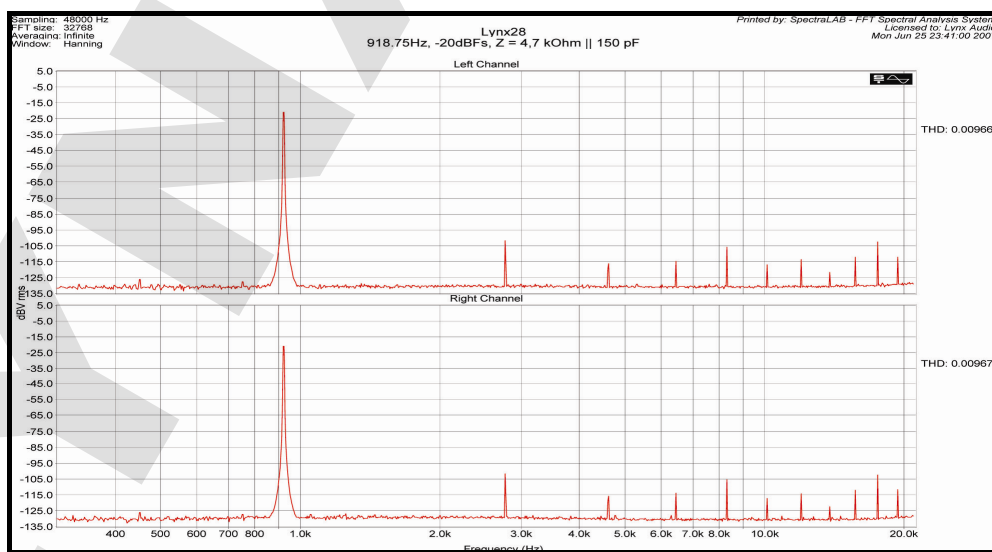
1. +9В 200...250мА (питание ЦФ и ПЛИС)
2. +9В 100...130мА (питание регистра пересинхронизации)
3. +12В 50мА (питание тактового генератора)
4. +9В 150...200мА (питание микросхем ЦАП)
5. +18...20В 100...150мА (питание положительного плеча аналоговой части левого канала)
6. -18...20В 100...150мА (питание отрицательного плеча аналоговой части левого канала)

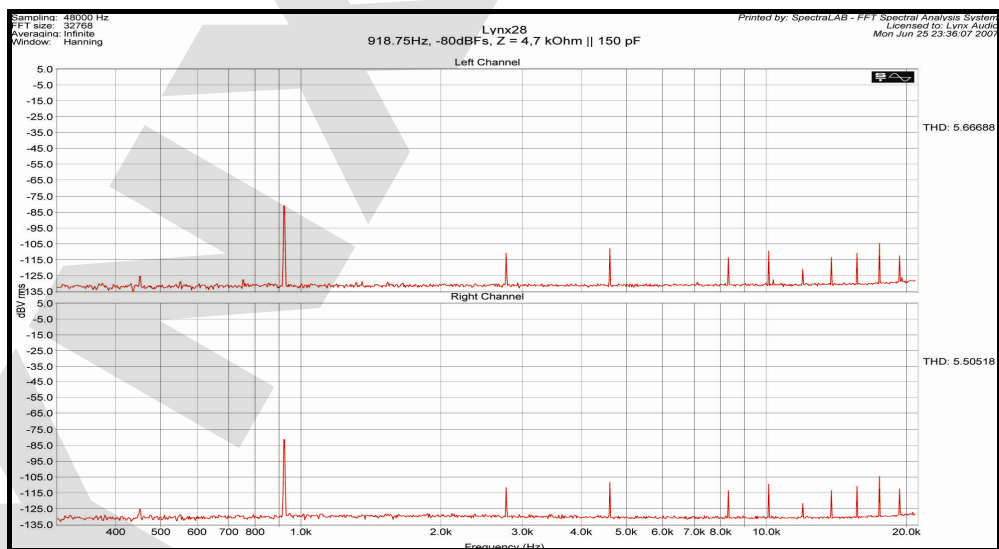
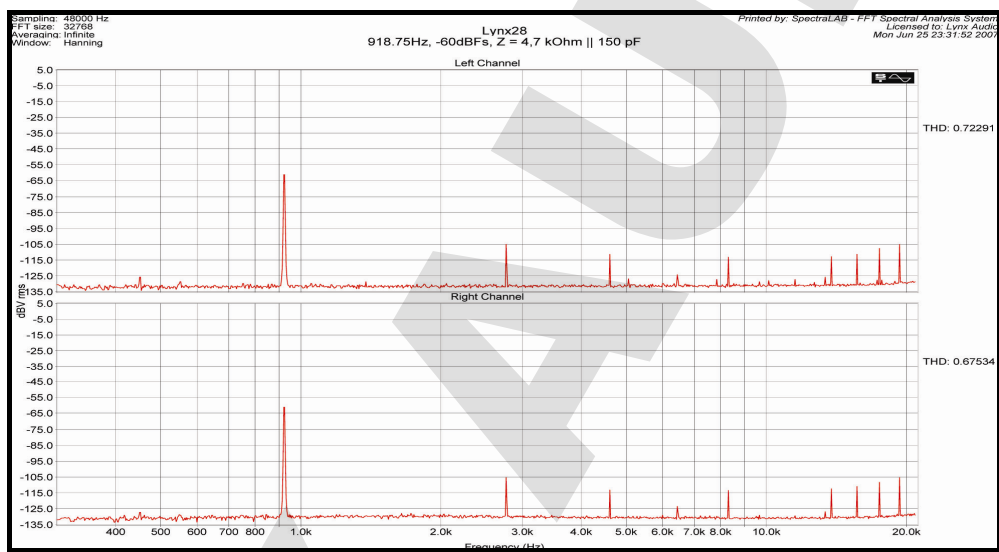
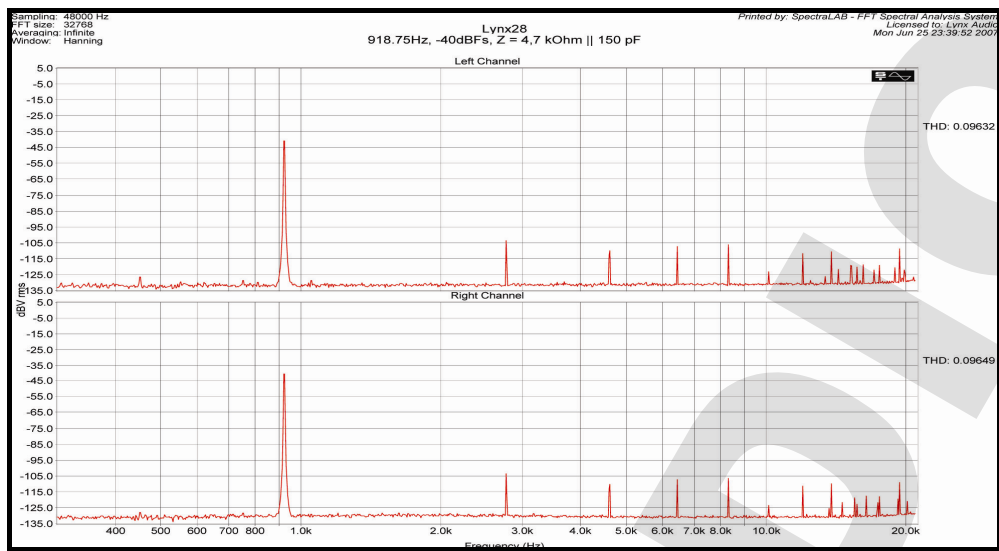
Источники с 2 по 6 первичного питания соединяются вместе и образуют в точке соединения «аналоговую» землю на самой плате ЦАП на «земляном» слое.

Внешний вид смонтированного модуля ЦАП Lynx27 представлен на рисунке:



Спектрограммы выходного сигнала для различных уровней, снятые с помощью измерительного PCI АЦП на основе микросхемы АК5395 (дополнительно была проведена калибровка и программная компенсация искажений АЦП на сигнале частотой 918.75Гц от образцового аналогового генератора с уровнем собственных искажений -125дБ, так, что разрешающая способность АЦП на данной частоте составляла -117дБ) приведены ниже:





Авторский экземпляр ЦАП Lynx28 обладает следующими техническими характеристиками (при частоте дискретизации 44.1кГц):

1) номинальное выходное напряжение, соответствующее полной шкале преобразования, В (RMS)	2,68
2) относительный уровень шумов на выходе (при нулевом входном сигнале), дБ	ниже -120
3) относительный уровень гармонических искажений и помех в полосе частот 48кГц для тестового 16-разрядного сигнала частотой 918гц полной шкалы, дБ	-98
5) Уровень помех в полосе 100МГц на аналоговых выходах, дБ	ниже -82
6) RMS джиттер сигнала тактового генератора, пс	менее 6

Субъективное звучание ЦАП Lynx28 показало его высокие звуковые качества. Звучание ЦАП слитное, хорошо проработанное, эмоциональное. Обеспечивается хорошая детализация и разрешение сцены по глубине. Используя образные сравнения, можно сказать, что, если характер звука ЦАП Lynx20 можно сравнить со «шведской принцессой», то Lynx28 по такой шкале больше похож на «горячую латинку».

В заключении хотелось бы искренне поблагодарить за помощь и поддержку всех тех, кто прямо, косвенно или опосредовано имел отношение к созданию этого ЦАП: моих товарищей и коллег Сергея Жукова (г. С.-Петербург), Алексея Вишнякова (г. С.-Петербург), Дмитрия Корнеева (г. Москва), Вадима Авхимовича (г. Одесса), Андрея Попцова (г. С.-Петербург), руководство и всех сотрудников ООО «Вест-Эл», петербургские фирмы «Элтех», «Гамма», «ЭФО», «Самоделка.ру», «Мега-Электроника», а также моих жену, маму и сына за постоянное внимание, тепло и заботу, без которых невозможно было бы успешное творчество.

Санкт – Петербург,
Апрель - июль 2007 г.