

Модуль ЦАП Lynx D47.

Создание данной конструкции явилось в существенной степени результатом удачного стечения ряда обстоятельств. В мои планы уже достаточно давно входила разработка и изготовление несложного ЦАП, отличающегося крайне низкими искажениями и обладающего нейтральным, мониторным и точным звучанием. При этом устройство хотелось сделать универсальным, имеющим возможность работы как в ведущем, так и в ведомом режимах.

Великолепным звучанием и очень низкими искажениями обладает ЦАП Lynx D29V3, но при этом является достаточно сложным устройством. Более простым и малогабаритным ЦАП был неопубликованный Lynx25 на основе РСМ1794, но, к сожалению, как и все слышанные мною устройства на микросхемах РСМ179х, обладал ярко выраженным «пластиковым» характером звучания, по всей видимости, присущим данной серии микросхем. Lynx D37 на AD1955, хоть и показал более приемлемые результаты по сравнению с L25, тем не менее также не обеспечивал того качества звучания, сравнимого с D29. В результате было принято решение применить микросхемы ЦАП типа SM5865, на сегодняшний день обладающие самым низким уровнем искажений среди относительно доступных приборов, в паре с ЦФ SM5847. Подобный чипсет был применен ранее в устройствах Lynx23 и Lynx28.

Отличительной особенностью этих ЦАП является очень малый выходной ток и наличие внутренней статической префильтрации его высокочастотных составляющих, что исключительно благоприятно сказывается на работе ОУ преобразователей ток-напряжение. Уровень ВЧ-помех в выходном токе SM5865 в несколько раз ниже, чем у AD1853 и в десятки – по сравнению с AD1955 и РСМ1794. Малый выходной ток (его амплитуда по каждому из выходов – менее 0.5 мА) и наличие начального тока середины шкалы гарантирует работу выходного каскада ОУ преобразователей ток-напряжение в режиме класса А без каких-либо дополнительных буферных каскадов на выходе ОУ. Но, в то же время, малая амплитуда выходного тока предъявляет серьезные требования к трассировке ПП ЦАП, защите выходов микросхем ЦАП от внешних помех и шумовым характеристикам применяемых ОУ. Применение ОУ с малой шумовой ЭДС и биполярным входом в данном случае недопустимо, поскольку все они обычно обладают значительными шумовыми токами и токами смещения. А для преобразователей ток-напряжение важна именно токовая составляющая шума, которая минимальна у приборов с ПТ на входе. Оптимальным для данного применения являются ОУ типов ОР42 и AD744, обладающие достаточным быстродействием, большой перегрузочной способностью входного каскада и низкими искажениями. Однако, выходной каскад AD744 работает с очень малым током покоя и вносит большие искажения, чем ВК ОР42. Поэтому применение AD744 возможно лишь с внешним ВК, что не всегда допустимо по конструктивным соображениям. Для разностного усилителя, совмещенного с восстанавливающим ФНЧ, также хорошо подходит ОР42, но с дополнительным буфером, охваченным общей цепью ООС, позволяющим работать на достаточно низкоомную нагрузку.

В процессе макетирования устройства выяснилась интересная особенность ЦАП SM5865 – для получения минимальных искажений, цепи питания аналоговой части преобразователей должны обладать минимальным сопротивлением, как для постоянного тока, так и для переменной составляющей, в том числе и на частотах звукового диапазона.

Наличие у микросхем ЦАП встроенных регистров, тактируемых от основной тактовой частоты, позволило отказаться от применения внешних регистров пересинхронизации. Также было решено не использовать гальваническую развязку цифрового фильтра от ЦАП, поскольку скоростные логические изоляторы (ADuM1400, ISO7240 и подобные) являются источниками достаточно интенсивных помех в СВЧ-диапазоне, а скоростные оптроны (HCPL7101) весьма дорогостоящи и труднодоступны.

В связи с тем, что устройство проектировалось для работы с ограниченным количеством входных интерфейсов, входная часть его предельно упрощена, не применяется конвертор форматов данных, а для реализации «ведущего» и «ведомого», относительно мастерклока, режимов использован простейший двунаправленный буфер.

При работе в «ведущем» режиме, обеспечивающем наивысшее качество звучания, микросхемы ЦАП и ЦФ тактируются от установленного на плате генератора частотой 33.8688 МГц, интегральный джиттер которого в диапазоне звуковых частот не превышает 700...800 фс. Для получения тактового сигнала для источника данных, частота тактового генератора делится на 2 и далее выводится на источник данных. При переводе ЦАП с «ведомый» режим, собственный генератор заглушается, а тактовый сигнал подается извне.

На разъеме подключения источника предусмотрены дополнительные входы управления режимами ЦАП – сигнал деэмпфазиса и сигнал блокировки выхода ЦАП. Первый из них управляет соответствующим режимом ЦФ, а второй – реле, замыкающим выходной сигнал устройства на «землю».

Каждый функциональный узел модуля ЦАП питается от собственного стабилизатора напряжения, а питание аналоговых частей микросхем ЦАП, преобразователей ток-напряжение и восстанавливающих фильтров-буферов разделены поканально. Для упрощения устройства и уменьшения его габаритов применены интегральные стабилизаторы типов LT317Н (все положительные) и LT337Н (отрицательные).

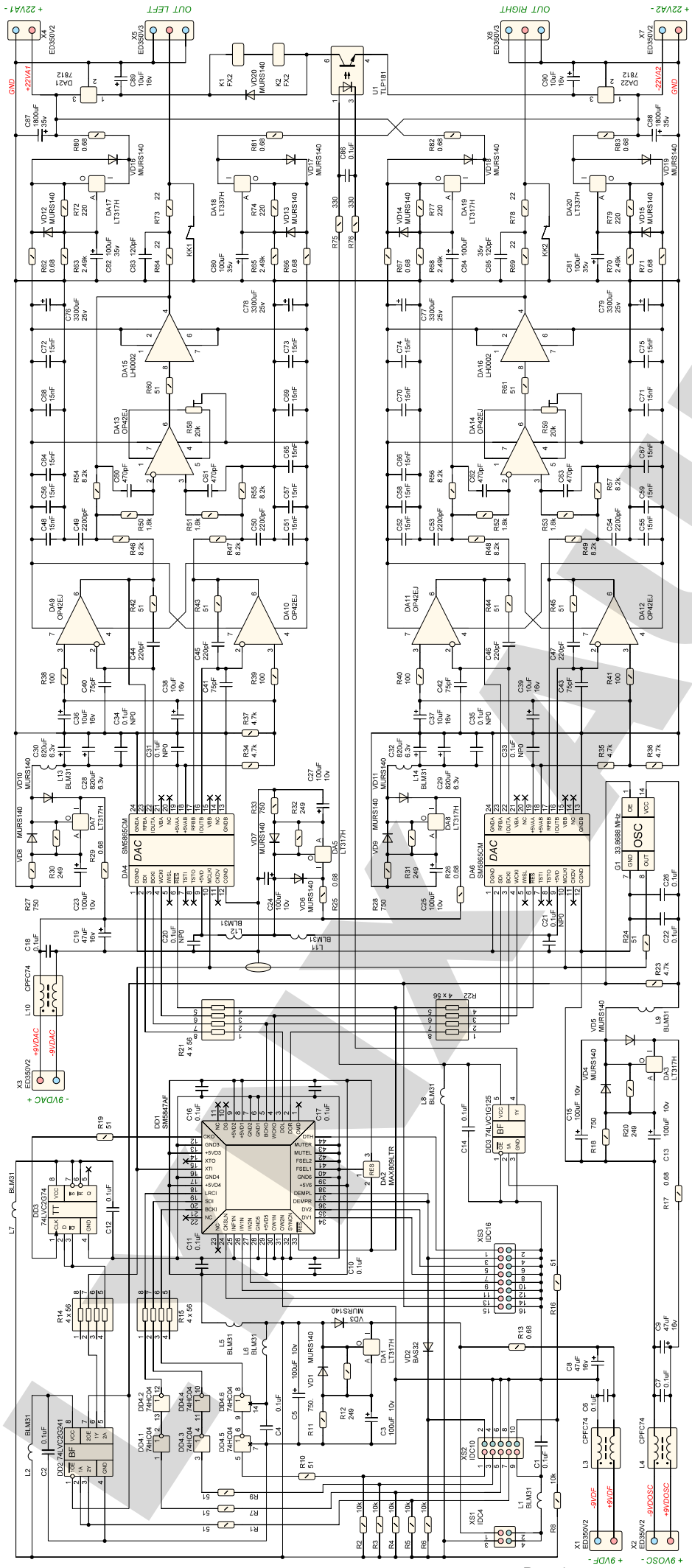


Рис. 1

Назначение контактных разъемов XS1	
№ контакта	Назначение / наименование / сигнал
1	+9В вход
2	выход на комп. платы внешних устройств разъема XS2
3	+5В вход
4	выход на комп. платы внешних устройств разъема XS2

Назначение контактных разъемов XS3	
№ контакта	Назначение / наименование / сигнал
1	Управление режимом дивертера (Пос. 0 - выключен)
2	Общий
3	Управление режимом дематрикса (Пос. 0 - выключен)
4	Общий
5	Выбор режима делителя частоты ЦФ (2)
6	Общий
7	Выбор режима делителя частоты ЦФ (1)
8	Общий

Назначение контактных разъемов XS3 (продолжение)	
№ контакта	Назначение / наименование / сигнал
9	Выбор разрядности входных данных (2)
10	Общий
11	Выбор разрядности входных данных (1)
12	Общий
13	Выбор логической частоты ядра ЦФ (Пос. 0 = 266кГц, пос. 1 = 192кГц)
14	Общий
15	Выбор режима выгрузки - выгрузки (Пос. 0 = выгрузка)
16	Общий

Назначение контактных разъемов XS2	
№ контакта	Назначение / наименование / сигнал
1	Управление режимом дематрикса (Пос. 1 - включен)
2	Общий
3	Вход SDATA
4	Общий
5	Вход LRCLK
6	Общий
7	Вход - Выход MCLK (384Fs)
8	Общий
9	Питание внешних устройств +5В / +9В
10	Блок питания выходы (Пос. 0 - выход разблокирован)



**LYNX
AUDIO**

ULTRALOW DISTORTION HIGH RESOLUTION DAC LYNX D47

28.05.2010

аналоговой части модуля). Низкий уровень шума этих стабилизаторов (втрое ниже, чем стандартных LM317) позволяет использовать их в том числе и для питания тактового генератора.

Питание аналоговой части микросхем ЦАП, с целью снижения внутреннего сопротивления (см. выше), зашунтировано сухими электролитическими конденсаторами достаточно большой емкости и низким значением ESR и керамическими конденсаторами группы NPO, а питание аналоговых микросхем – электролитическими конденсаторами большой емкости и полипропиленовыми фольговыми конденсаторами. Макетные эксперименты с транзисторными умножителями емкости показали явное преимущество классических «электролитов», шунтированных пленочными конденсаторами, что подтвердило выводы о желательности применения в аналоговом питании значительных по величине шунтирующих емкостей, при этом приняв меры по обеспечению устойчивости стабилизаторов, сделанные в ходе разработки и эксплуатации ЦАП Lynx D29.

Все входы питания цифровых узлов модуля защищены от внешних ВЧ-помех симметричными LC-фильтрами. Эта мера позволяет не только уменьшить влияние качества первичных источников на работу ЦАП, но и в значительной мере усменьшить проникновение помех, генерируемых в устройстве, во внешнюю среду.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 1

Конструктивно модуль ЦАП выполнен на четырехслойной печатной плате размерами 180 x 85 мм. Применение многослойной ПП позволяет (по сравнению с двухсторонними платами) обеспечить максимальную защищенность аналоговых цепей ЦАП от внешних помех, существенно снизить помехи, излучаемые в пространство цифровыми цепями, оптимально трассировать цепи питания и минимизировать импеданс «земли», что, в свою очередь крайне благоприятно сказывается на конечном результате – звучании устройства. Внешний вид собранной платы приведен на рис.1:

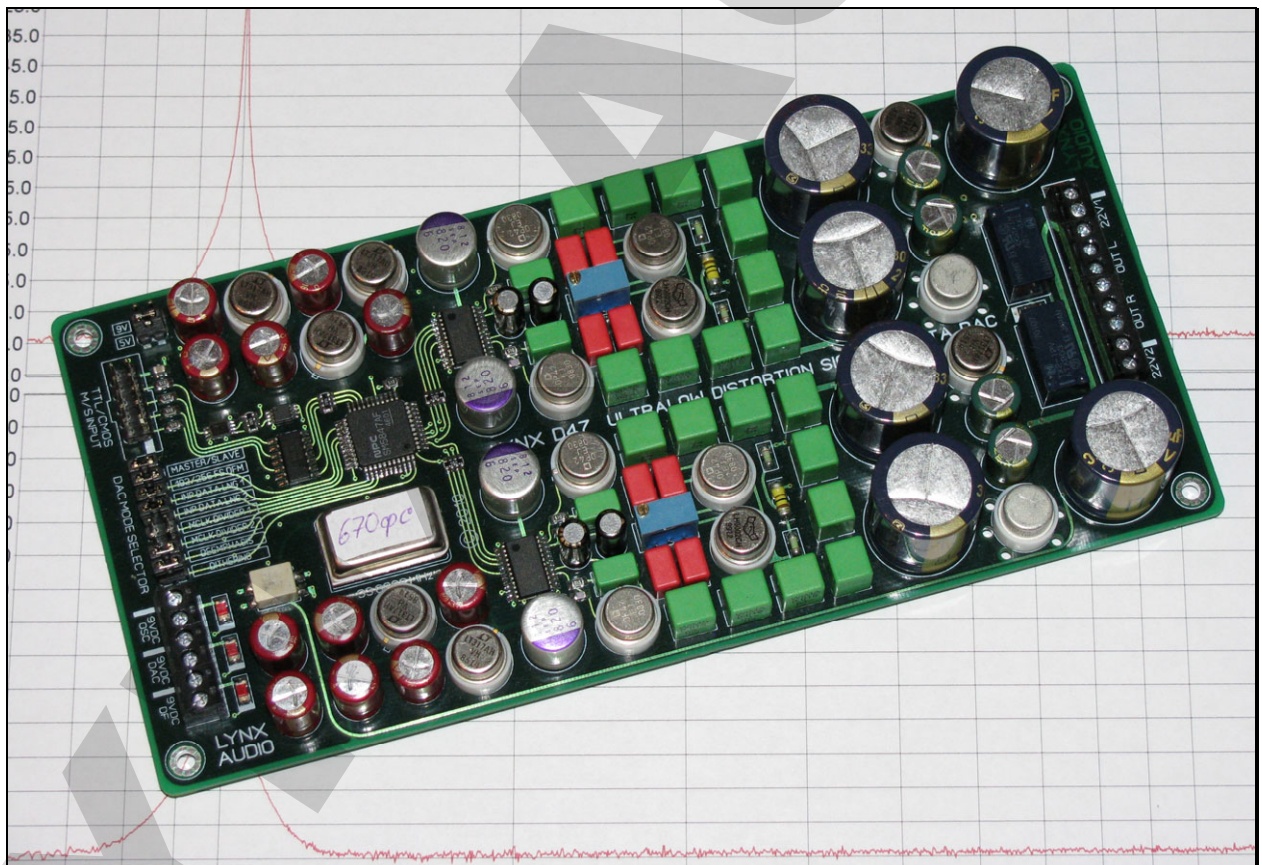


Рис. 2

В устройстве применены электролитические конденсаторы Panasonic FC, Sanyo SEP (OSCON), Elna Cerafine, пленочные конденсаторы Wima FKP2, резисторы MELF 0204 и 0207 (Vishay, Welwyn), керамические конденсаторы 0805 и 1206 (Murata).

Питание модуля Lynx D47 осуществляется от трех источников по 9В (цифровые узлы) и двух по 22В (аналоговые).

На рис. 3...10 приведены спектрограммы выходного сигнала частотой 1кГц разных уровней и суммарного сигнала частот 18 и 19кГц уровне пиков -1дБ от полной шкалы.

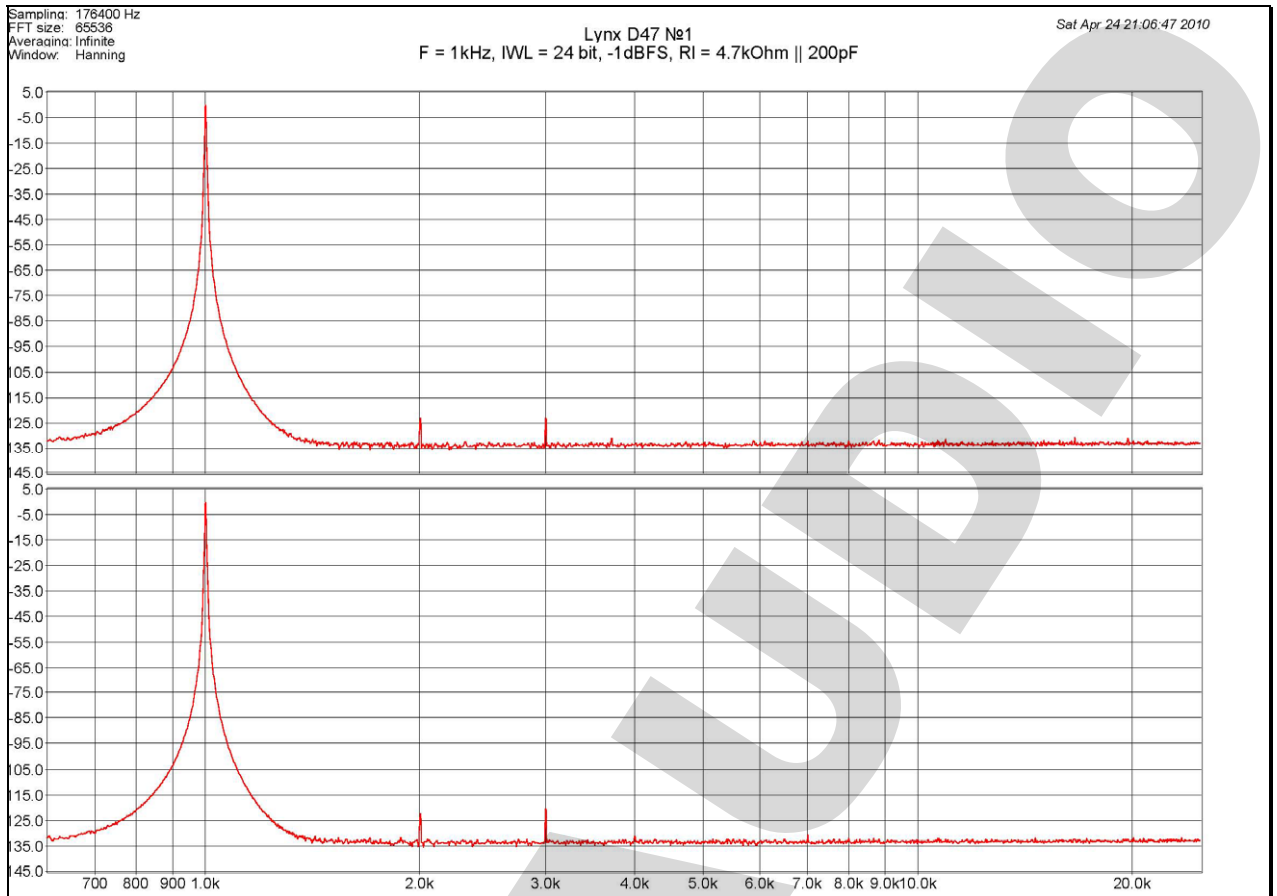


Рис. 3

Спектр сигнала на выходе ЦАП (частота 1кГц, уровень -1dBFS, разрядность - 24)

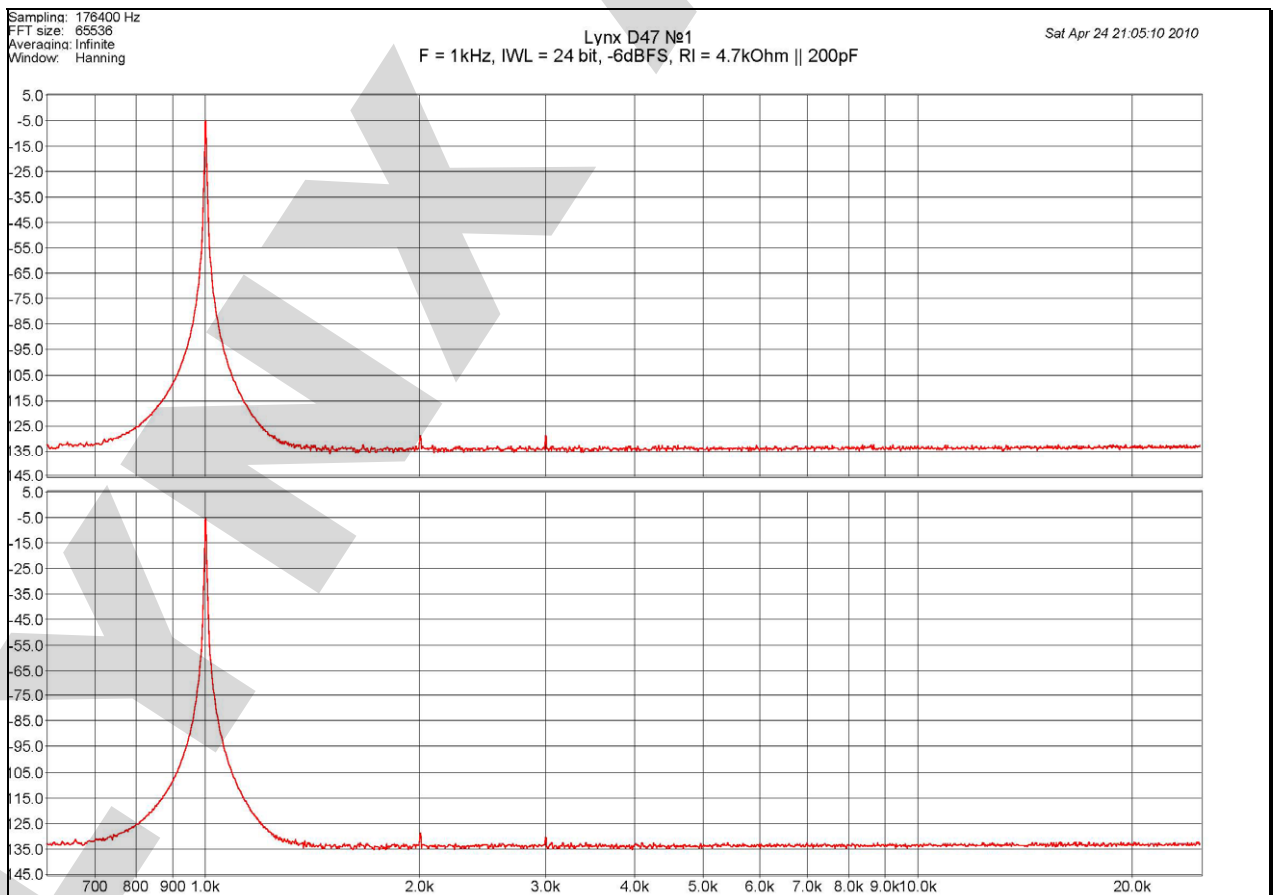


Рис. 4

Спектр сигнала на выходе ЦАП (частота 1кГц, уровень -6dBFS, разрядность - 24)

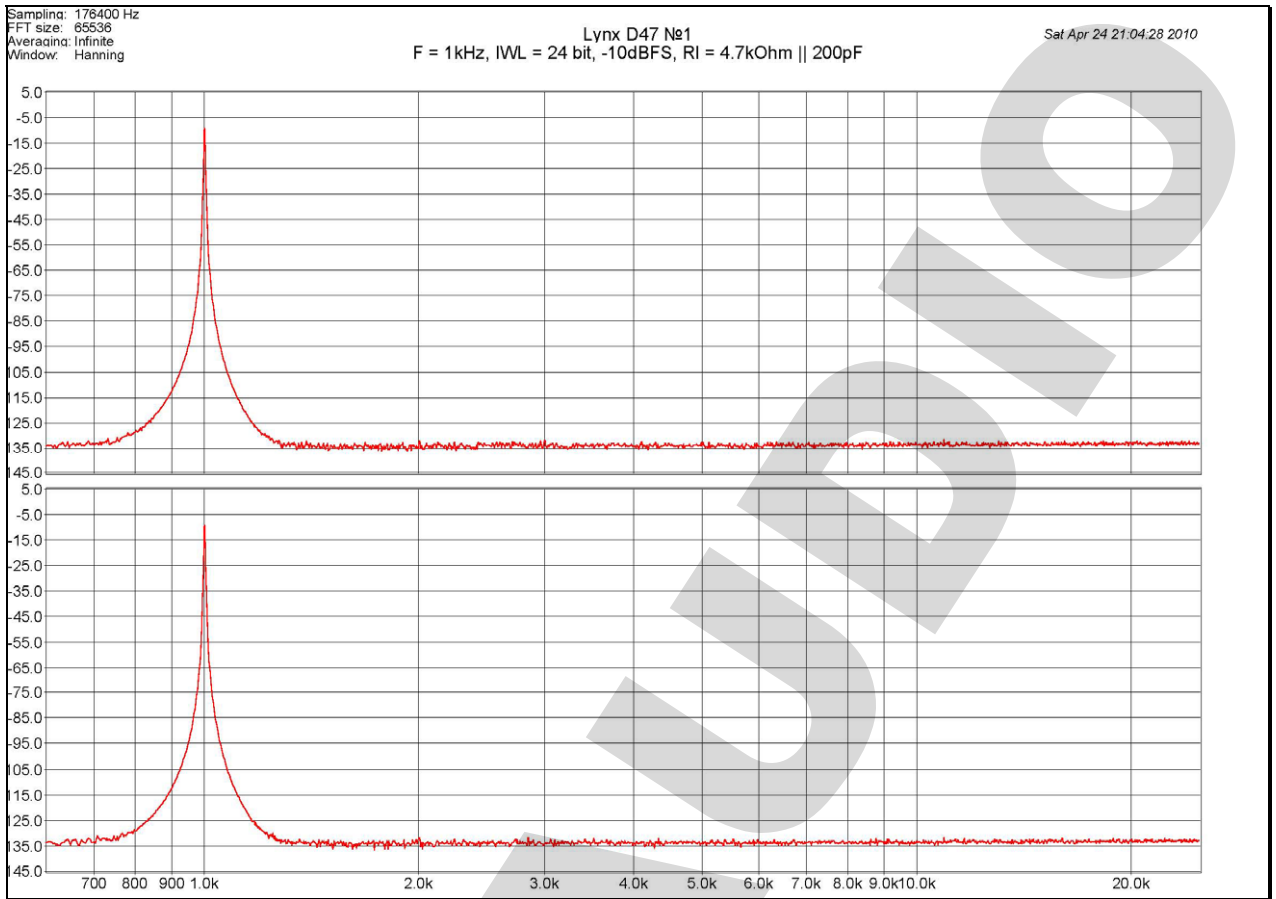


Рис. 5

Спектр сигнала на выходе ЦАП (частота 1кГц, уровень -10dBFS, разрядность - 24)

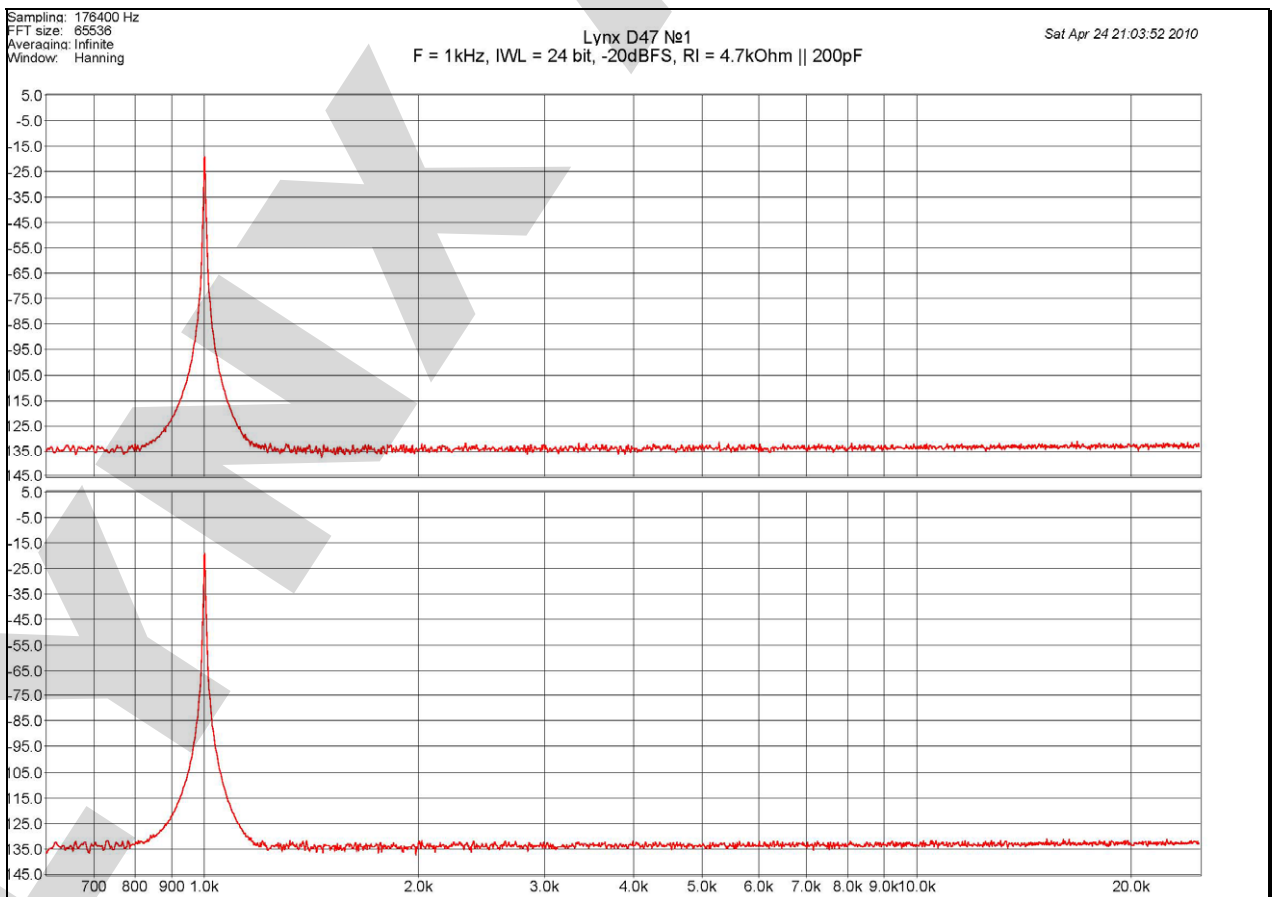


Рис. 6

Спектр сигнала на выходе ЦАП (частота 1кГц, уровень -20dBFS, разрядность - 24)

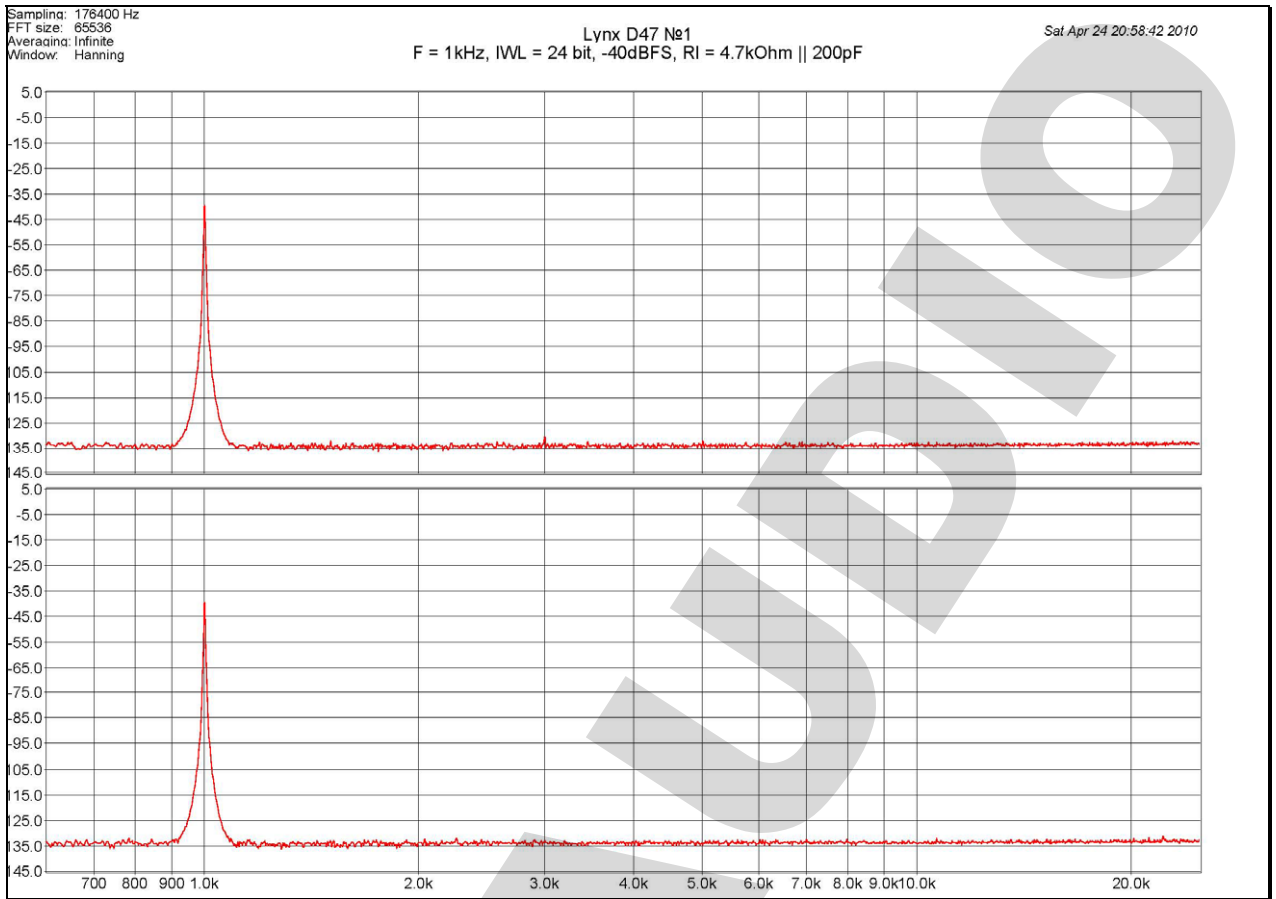


Рис. 7

Спектр сигнала на выходе ЦАП (частота 1кГц, уровень -40dBFS, разрядность - 24)

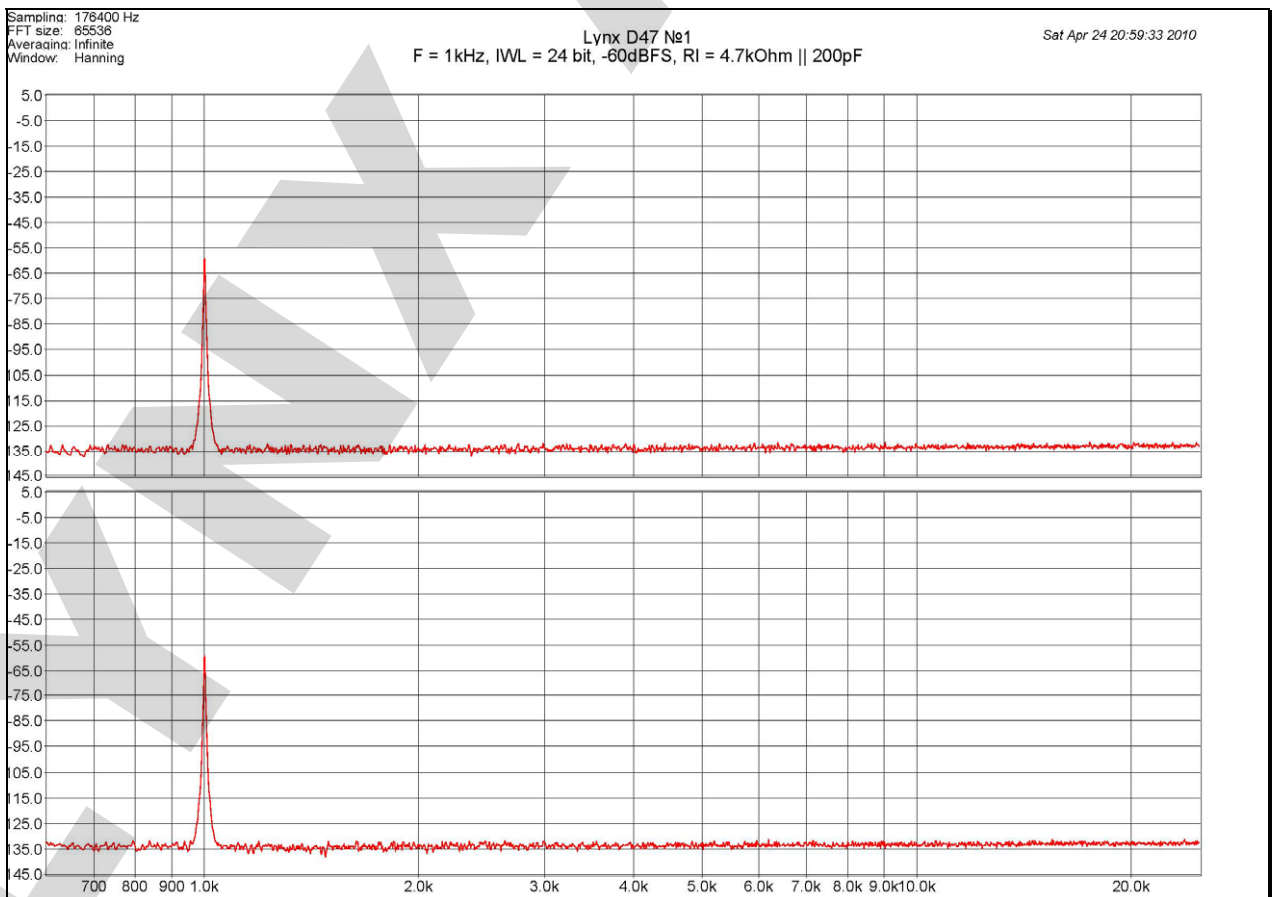


Рис. 8

Спектр сигнала на выходе ЦАП (частота 1кГц, уровень -60dBFS, разрядность - 24)

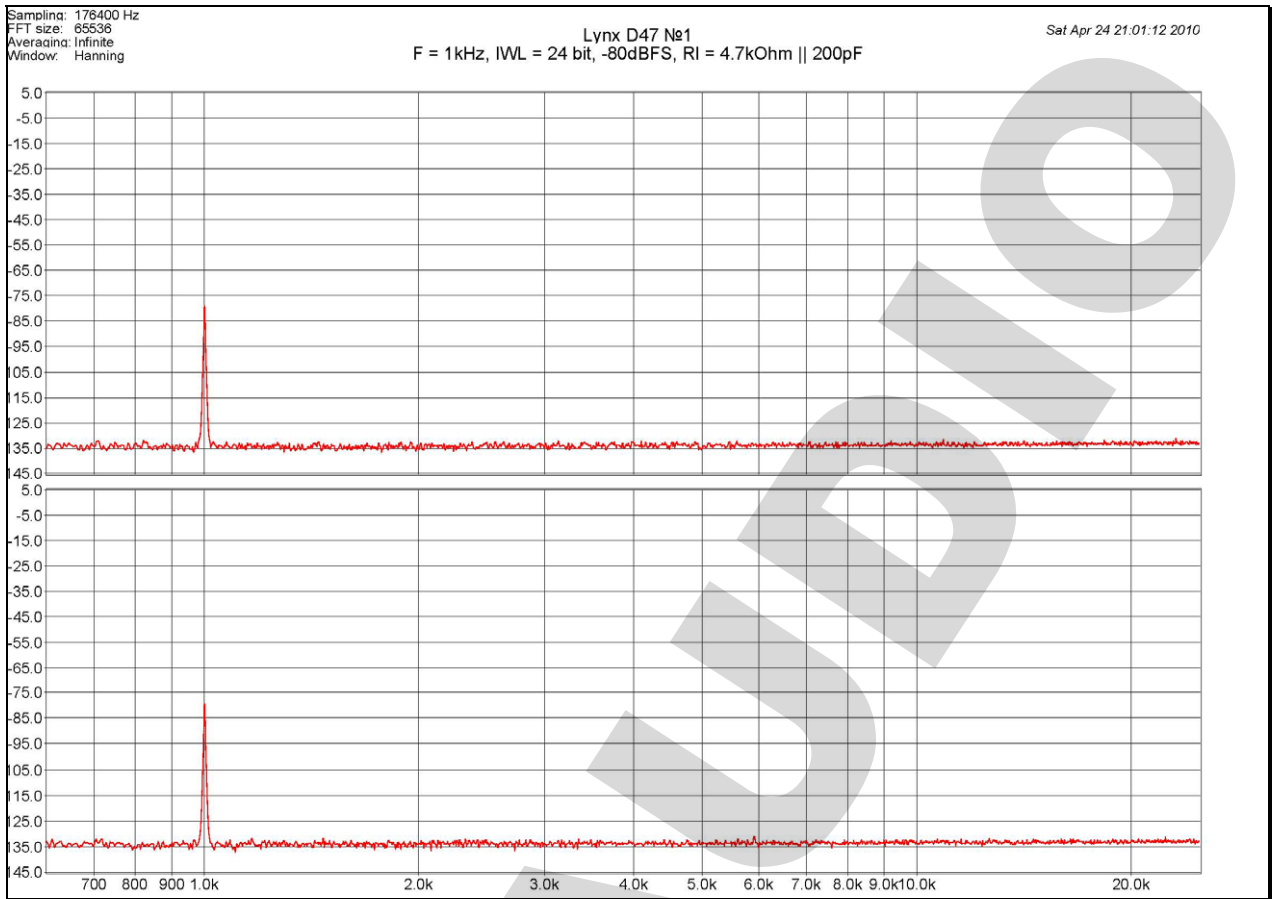


Рис. 9

Спектр сигнала на выходе ЦАП (частота 1кГц, уровень -80dBFS, разрядность - 24)

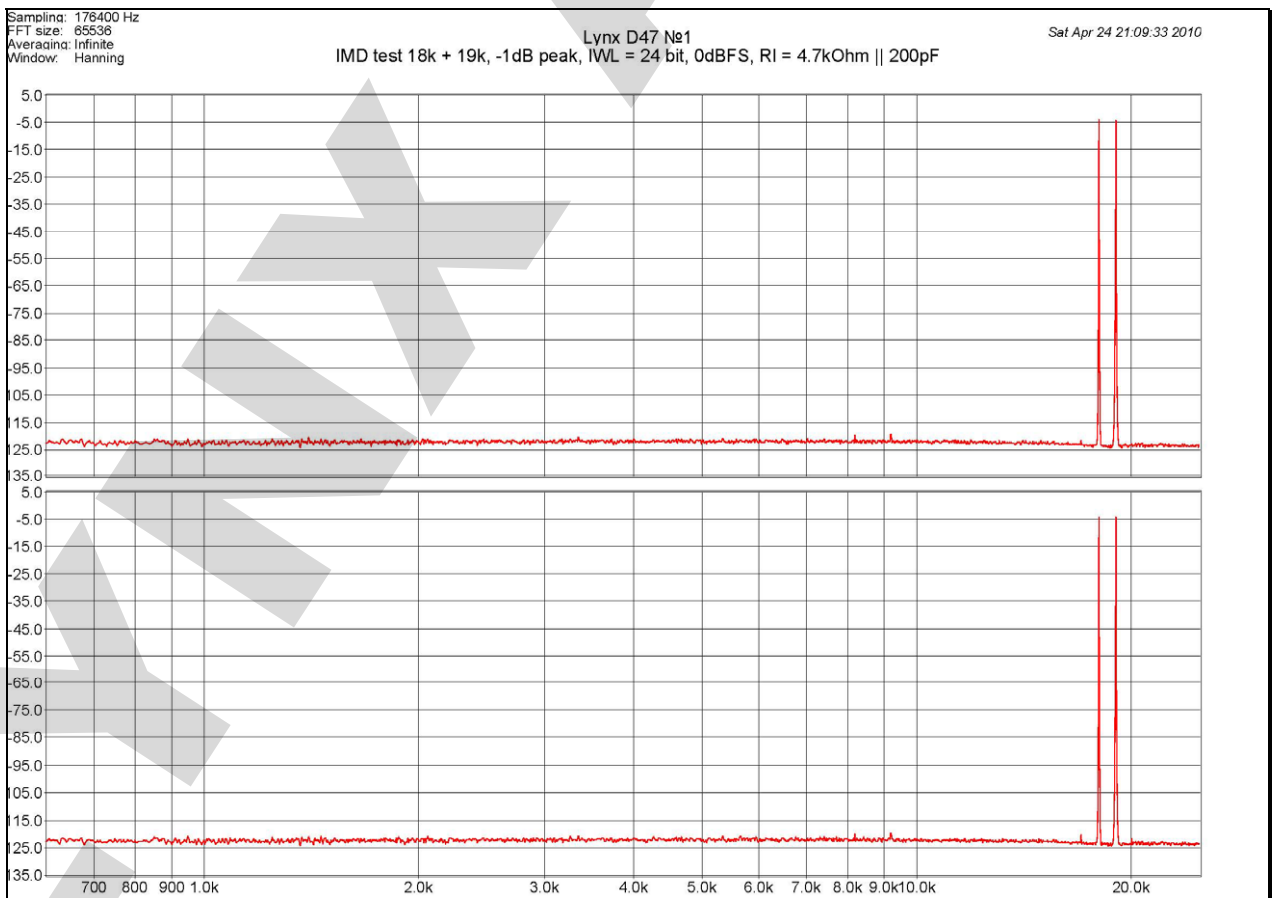


Рис. 10

Спектр сигнала на выходе ЦАП (18+19кГц, пиковый уровень -1dBFS, разрядность - 24)

Авторский экземпляр ЦАП Lynx D47 обладает следующими техническими характеристиками (уровни искажений измерялись с помощью селективного микровольтметра):

- | | |
|---|-----------|
| 1) номинальное выходное напряжение, соответствующее полной шкале преобразования, В (RMS) | 2,52 |
| 2) относительный уровень шумов на выходе (при нулевом входном сигнале), дБ | ниже -130 |
| 3) относительный уровень гармонических искажений и помех в полосе частот 48кГц для 24 - разрядного сигнала частотой 918.75гц полной шкалы, дБ | ниже -120 |
| 4) относительный уровень интермодуляционных составляющих, дБ | ниже -118 |
| 5) Уровень помех в полосе 100МГц на аналоговых выходах, дБ | ниже -82 |
| 6) Динамический диапазон преобразования, дБ | более 130 |

Следует отметить, что составляющие 2 и 3 гармоник на спектрограммах сигналов с уровнями -1 и -3дБ в основном определяются искажениями, возникающими во входных цепях измерительного АЦП. Их реальные уровни, измеренные при помощи селективного микровольтметра по крайней мере на 6 дБ ниже (при уровне сигнала -1дБ).

Субъективное звучание ЦАП исключительно чистое, прозрачное, с точнейшей проработкой самых малых музыкальных деталей в том числе и на фоне более значительных звуков. ЦАП прекрасно передает эмоциональную составляющую самых различных музыкальных произведений, в том числе и таких сложных, как 7-я симфония Д. Д. Шостаковича. При этом ЦАП практически «всеяден», универсален и отлично воспроизводит не только сложные произведения, но и легкие развлекательные мелодии.

Дмитрий Андроников (Lynx Audio)

С.-Петербург,
март - июнь 2010 г.