

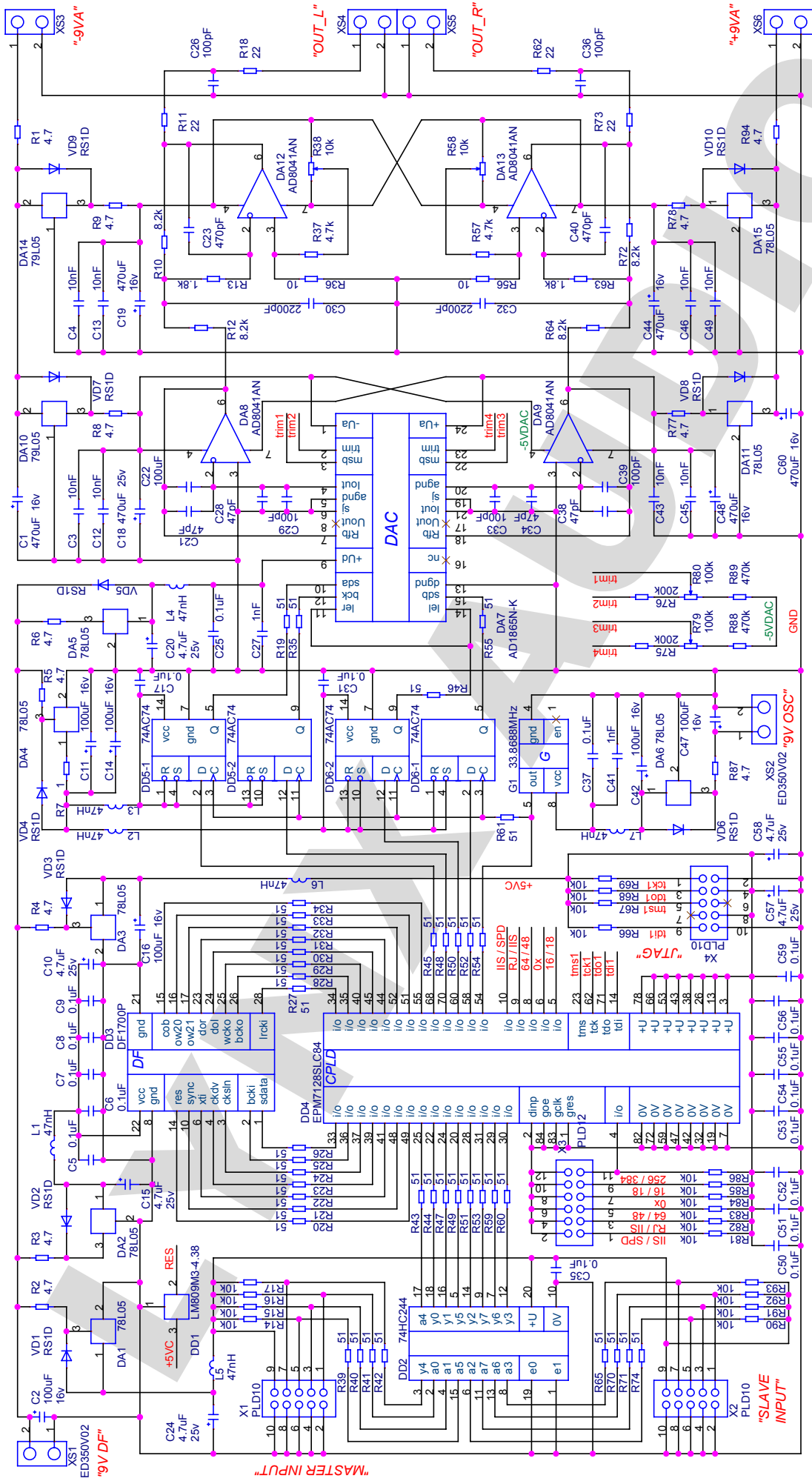
Модуль ЦАП Lynx D43. Антикризисный.

Глобальный экономический кризис, поразивший мир в последний год, не обошел стороной и Россию. Но, несмотря на то, что доходы многих слоёв населения существенно упали, тяга к прекрасному у людей сохранилась. Мы всё так же слушаем музыку, восхищаемся матерством исполнителей и хотим прочувствовать все эмоциональные оттенки музыкальных произведений.

Задачу достоверного воспроизведения музыкальной информации для формата успешно решают ЦАП Lynx7V3, Lynx D35 и Lynx D45, способные донести до слушателя самые тонкие оттенки и черты музыки. Но стоимость этих устройств весьма высока и, к сожалению, не все любители музыки могут позволить себе приобрести или изготовить подобные ЦАП. По многочисленным просьбам, я провел анализ возможностей построения менее дорогостоящего устройства, обеспечивающего сопоставимое качество звучания. Результатом этой работы стало появление рассматриваемого устройства – модуля ЦАП Lynx D43. В новом ЦАП была сохранена структура, наиболее полно отвечающая сложившемуся и многократно подтвержденным на практике принципам построения высококачественных звуковых ЦА-преобразователей, но устранены наиболее дорогостоящие и/или дающие небольшой результирующий эффект решения. В частности, было принято решение отказаться от гальванической развязки цифровой и аналоговой частей, многослойной платы и применения дорогостоящих ИОН и дискретных стабилизаторов. В аналоговой части используется невысокое напряжение питания $\pm 5\text{В}$, существенно расширяющее круг возможных высококачественных кандидатов на роль ОУ преобразователей I/U и восстанавливающего фильтра. Для бОльшей универсальности и простоты применения ЦАП оснащен двумя неэквивалентными ТТЛ входами, один из которых – типовой интерфейс IIS с обратной синхронизацией, полностью соответствующий ТТЛ-входам всех предыдущих моделей ЦАП Lynx, а второй – IIS с подачей синхросигнала от внешнего источника, используется при работе ЦАП с любым стандартным SPDIF – приемником. При этом ЦФ тактируется мастерклоком, приходящим от микросхемы приемника, а в регистрах пересинхронизации осуществляется асинхронный реклокинг сигналов управления ЦАП с относительно высокой частотой. При написании проекта ПЛИС была предусмотрена возможность применения как 18, так и 16-разрядных ЦАП, причем в плату непосредственно устанавливаются микросхемы ЦАП типа AD1865, а через переходник можно установить AD1851, AD1861, PCM56. Кроме того, имеется возможность разных режимов работы ЦАП, как с цифровым фильтром, так без передискретизации, в последнем случае в ПЛИС осуществляется синхронное поканальное разделение потока данных и корректное заполнение неиспользуемых разрядов ЦАП.

Принципиальная электрическая схема ЦАП Lynx D43 приведена на рис.1. Два входа устройства “Master Input” и “Slave Input” принимают сигналы ТТЛ/КМОП уровней, которые через буфер DD2 поступают в ПЛИС DD4, где осуществляется мультиплексирование входных сигналов, формирование необходимых сигналов управления для ЦФ и приведение выходных его сигналов либо сигналов непосредственно со входа (в режиме работы без ЦФ) к виду, необходимому для работы ЦАП. Регистр пересинхронизации выполнен на триггерах микросхем DD5 и DD6 и тактируется от генератора с малым уровнем джиттера G1. Кроме того, сигнал генератора поступает в ПЛИС, где из него формируются тактовые сигналы ЦФ и транспорта (последний подается на колодку “Master Input”). В режиме работы по входу “Slave Input” в качестве тактового сигнала ЦФ используется сигнал, поступающий с выхода мастерклока приемника SPDIF, а реклокинг выходных сигналов, поступающих на ЦАП, становится асинхронным. В качестве цифрового фильтра DD3 используется недорогой, но весьма качественный прибор DF1700 (SM5813), либо DF1704, устанавливаемый через дополнительный переходник.

Для преобразования цифрового потока в аналоговый сигнал применена известная и хорошо зарекомендовавшая себя микросхема 18-разрядного ЦАП AD1865 (DA7). Возможно применение и других, совместимых по питанию ЦАП: AD1861, AD1851, устанавливаемых через специальный переходник по две (вместо одной AD1865). ЦАП включен по типовой схеме с внешним ОУ преобразователя U/I и стандартными средствами подстройки линейности. Преобразование выходного тока в напряжение осуществляется каскадами на ОУ DA8 (DA9), а восстановление аналогового сигнала по Котельникову – активными фильтрами с МОС на ОУ DA12 (DA13). Для питания аналоговой части было использованы напряжения $\pm 5\text{В}$. С одной



Lynx Audio Engineering Department
Lynx D43 DAC

Назначение контактов управляющей колодки X3 приведено в табл. 1:

Колодка управления режимами ЦФ и ПЛИС ЦАП Lynx D35		
Выводы колодки X3	Функциональное назначение	Режим
1 - 2	Выбор ведущего/ведомого входов	лог.0 = master (X1) лог.1 = slave (X2)
3 - 4	Выбор типа протокола	лог.0 = RJ лог.1 = I2S
5 - 6	Выбор количества импульсов синхронизации записи	лог.0 = 48 лог.1 = 64
7 - 8	Выбор режима работы	лог.0 = цифровая фильтрация, 8х лог.1 = без ЦФ, 1х
9 - 10	Разрядность ЦАП	лог.0 = 18 лог.1 = 16
11 - 12	Выходная частота тактирования источника сигнала по X1	лог.0 = 384Fs лог.1 = 256Fs

Значению лог.1 соответствует разомкнутое состояние указанных выводов, лог. 0 – замкнутое. Управление возможно либо замыканием указанных выводов между собой, либо подача на нечетные номера выводов колодки сигналов управления от внешнего контроллера в ТТЛ/КМОП уровнях.

Конструктивно модуль ЦАП выполнен на двухсторонней печатной плате размерами 80 x 150 мм. В устройстве применены хорошо зарекомендовавшие себя и относительно легкодоступные компоненты: стандартные SMD резисторы и керамические конденсаторы типоразмера 0805 в цифровой части, резисторы MELF типа 0204 и пленочные конденсаторы Wima FKP2 в аналоговой. Все электролитические конденсаторы – SMD Panasonic FK. Многооборотные подстроечные резисторы Murata PV36W. В устройстве могут быть применены цифровые фильтры следующих типов: DF1700P, SM5813AP, SM5813APT (непосредственно), DF1704E (через переходник, поставляется отдельно). ЦАП AD1865N (с любым грейдом) может быть установлен в плату непосредственно, а приборы AD1851, AD1861 – через переходник (поставляется отдельно).

Питание устройства осуществляется от четырех стабилизированных (либо нестабилизированных, с емкостью конденсаторов фильтра не менее 4700мкФ на каждый выпрямитель) источников. Токи потребления не превышают 200...250мА для источника 9VDF, 15мА для источника 9VOSC, 25...35мА для источника +9VA и 15...25мА для источника -9VA.

Авторский экземпляр ЦАП Lynx D43 обладает следующими техническими характеристиками (при частоте дискретизации 44.1кГц с ведущего входа):

- | | |
|---|-----------|
| 1) Номинальное выходное напряжение, соответствующее полной шкале преобразования, В (RMS) | 2,12 |
| 2) Относительный уровень шумов на выходе (при нулевом входном сигнале), дБ | ниже -110 |
| 3) Относительный уровень гармонических искажений и помех в полосе частот 48 кГц тестового отсчетного – коррелированного 16 - разрядного сигнала частотой 918.75 Гц полной шкалы, дБ | ниже -92 |
| 4) Относительный уровень интермодуляционных составляющих, дБ | ниже -92 |
| 5) Уровень помех в полосе 100 МГц на аналоговых выходах, дБ | ниже -70 |
| 6) Динамический диапазон преобразования на уровнях -90...-20 дБ, дБ | более 100 |

Спектрограммы и осциллограммы выходных сигналов представлены на рис. 3...рис.18

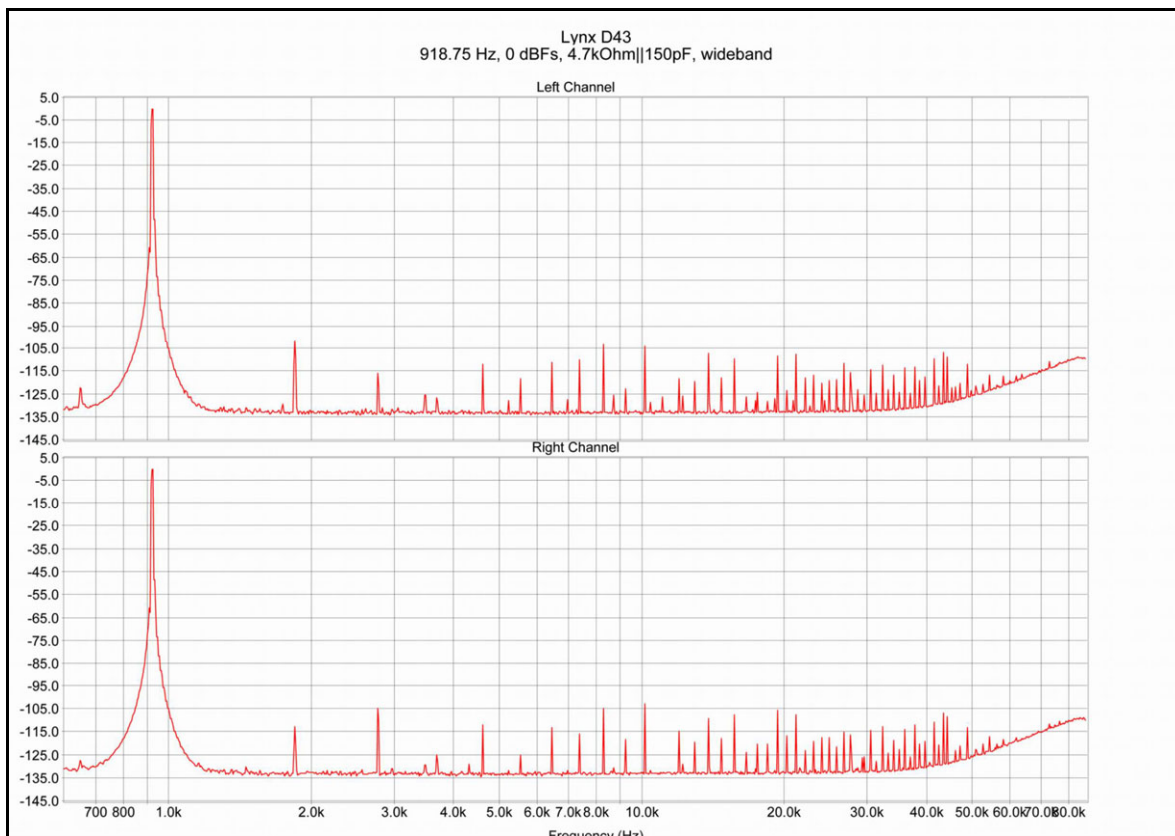


Рис. 3

Спектрограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц уровнем 0 дБ в полосе частот 90 кГц в режиме работы с цифровой фильтрацией.

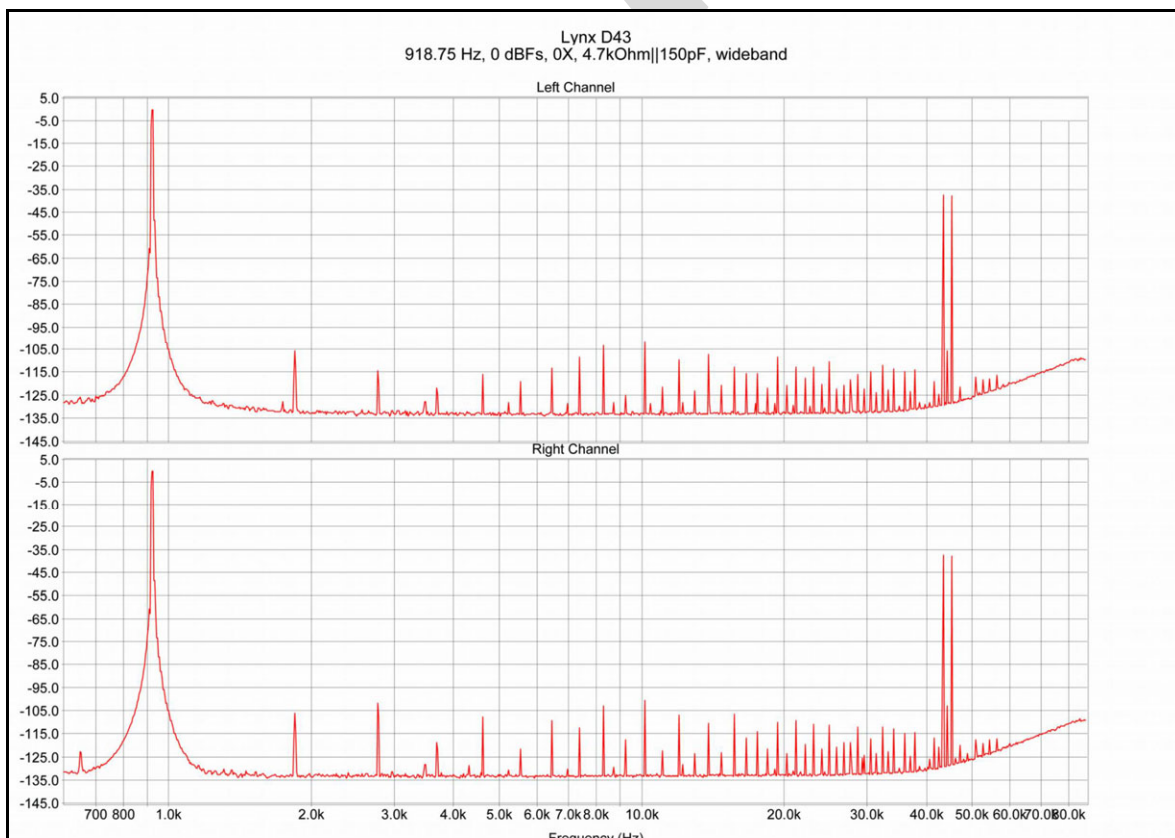


Рис. 4

Спектрограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц уровнем 0 дБ в полосе частот 90 кГц в режиме работы без цифровой фильтрации

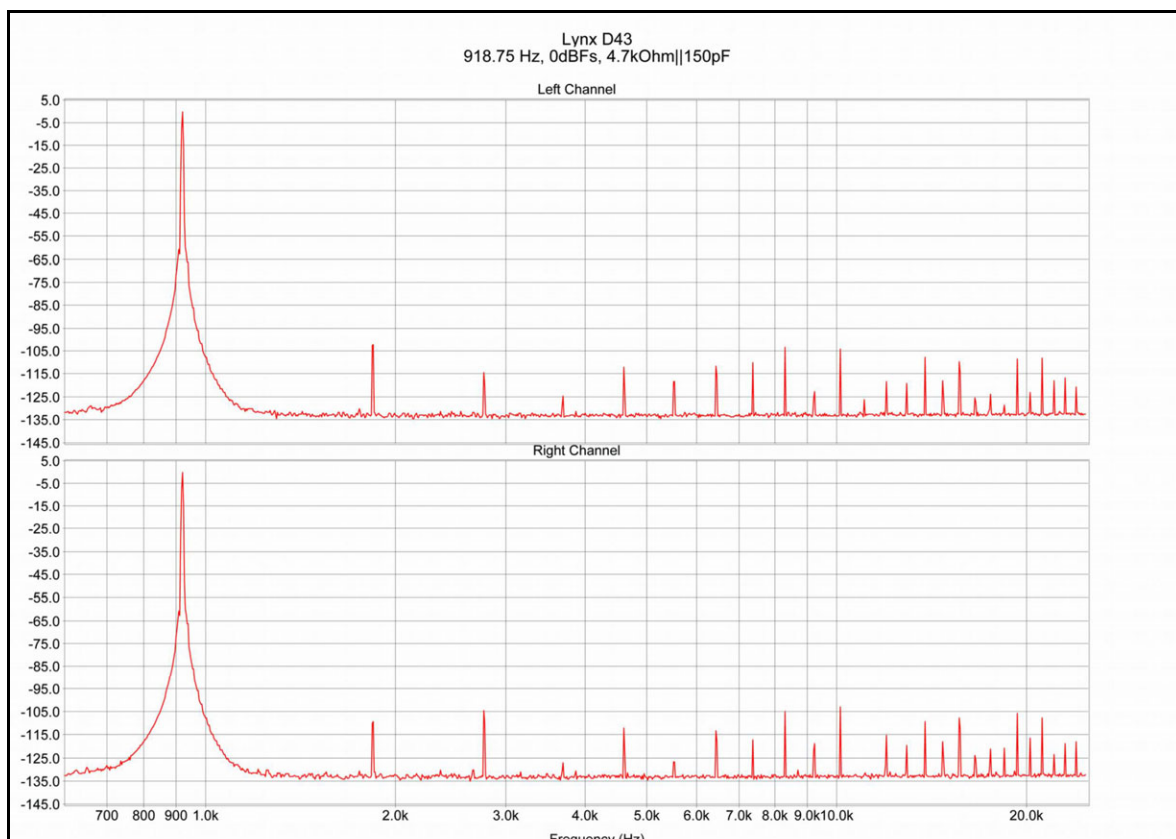


Рис. 5

Спектрограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц
уровнем 0дБ в режиме работы с цифровой фильтрацией

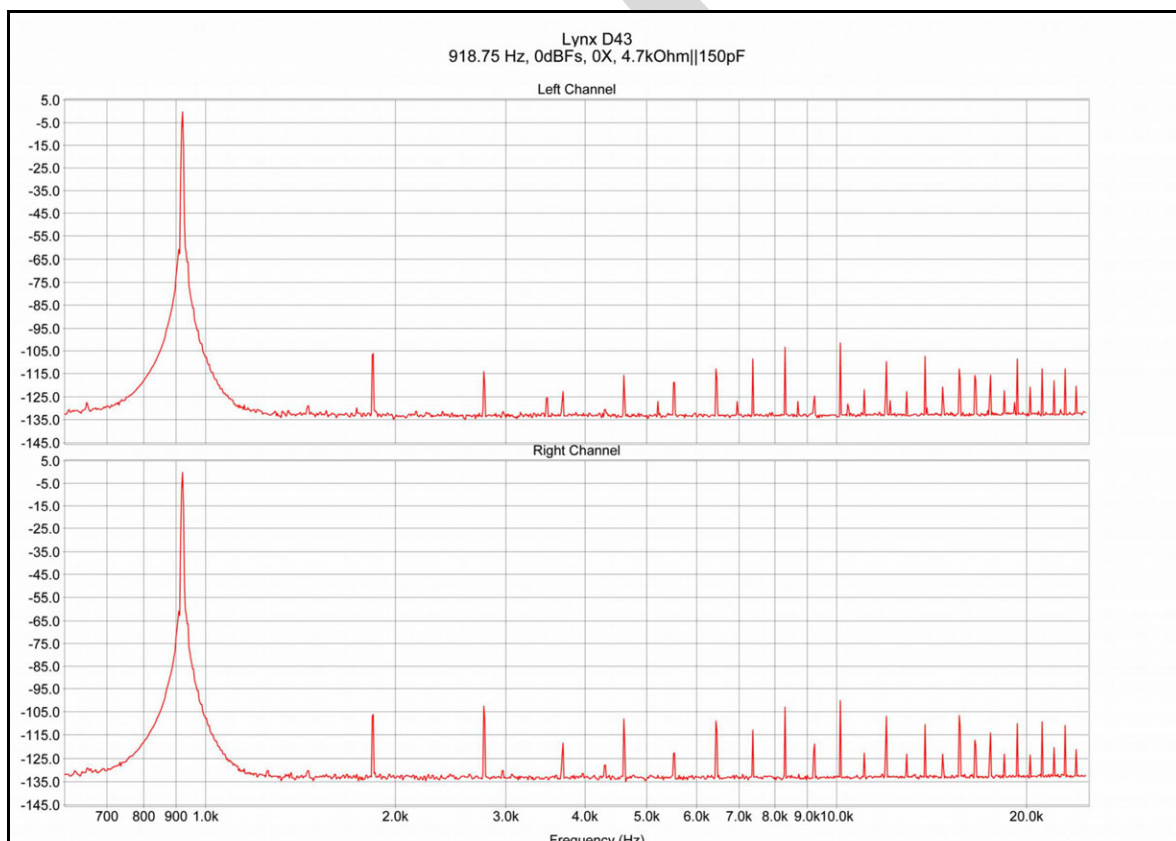


Рис. 6

Спектрограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц
уровнем 0дБ в режиме работы без цифровой фильтрации

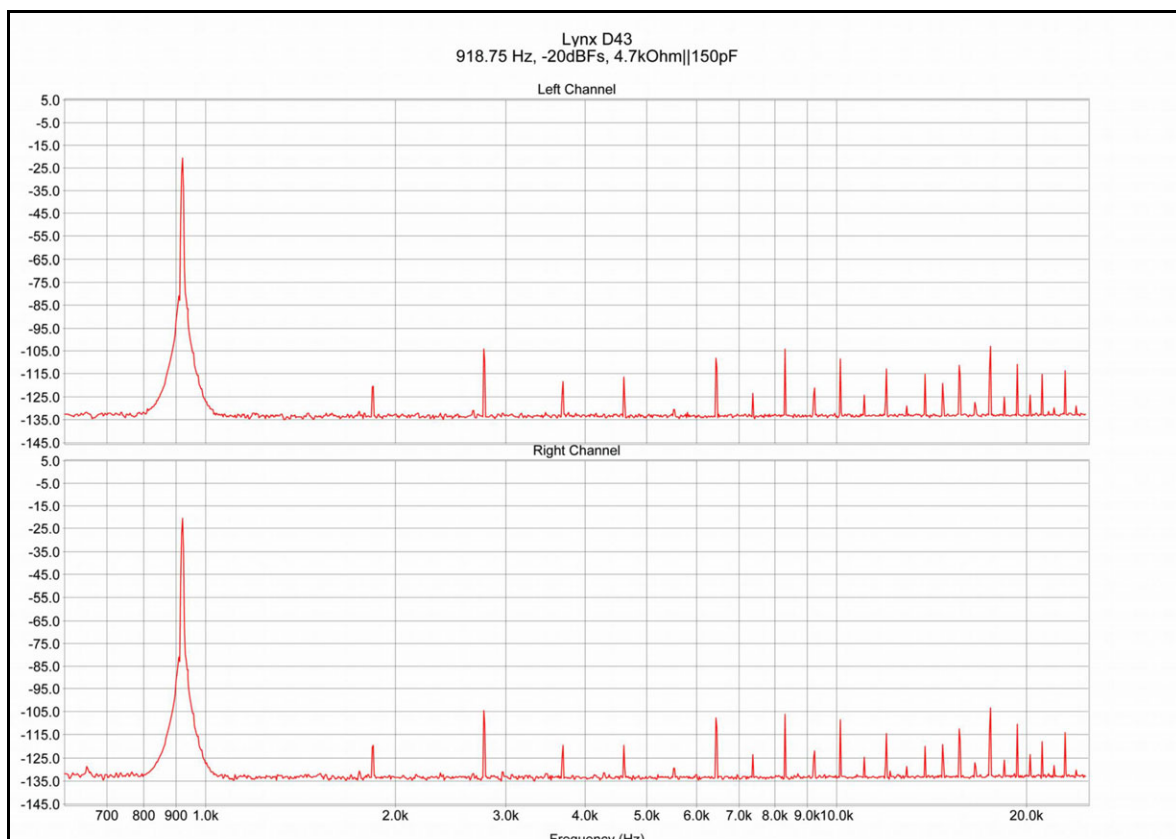


Рис. 7

Спектрограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц
уровнем -20дБ в режиме работы с цифровой фильтрацией

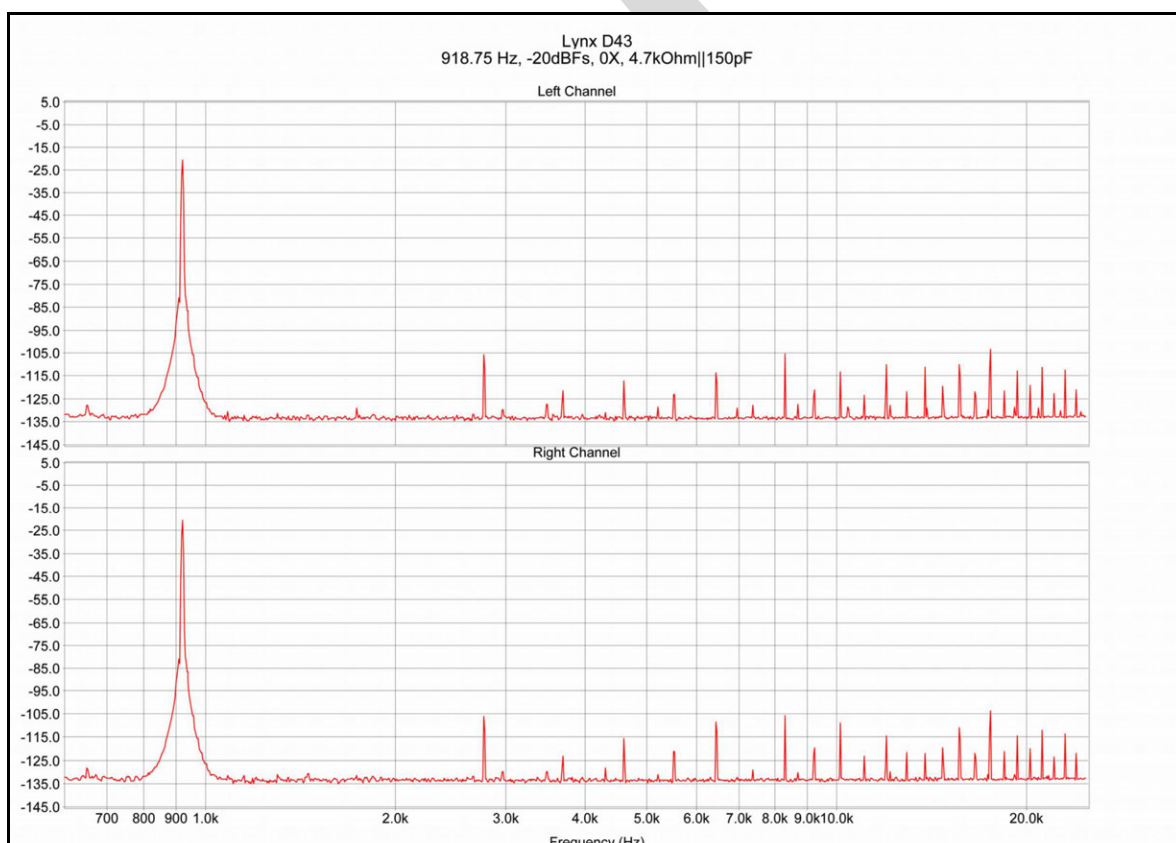


Рис. 8

Спектрограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц
уровнем -20дБ в режиме работы без цифровой фильтрации

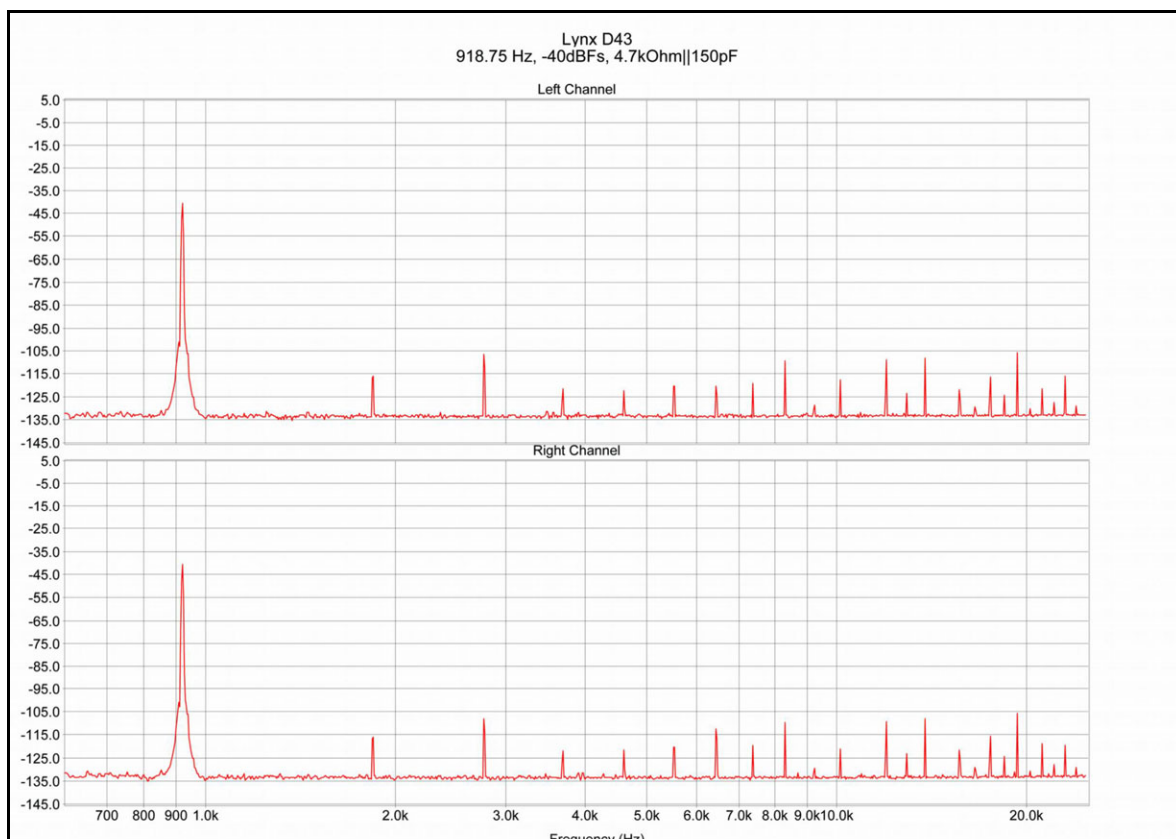


Рис. 9

Спектрограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц
уровнем -40дБ в режиме работы с цифровой фильтрацией

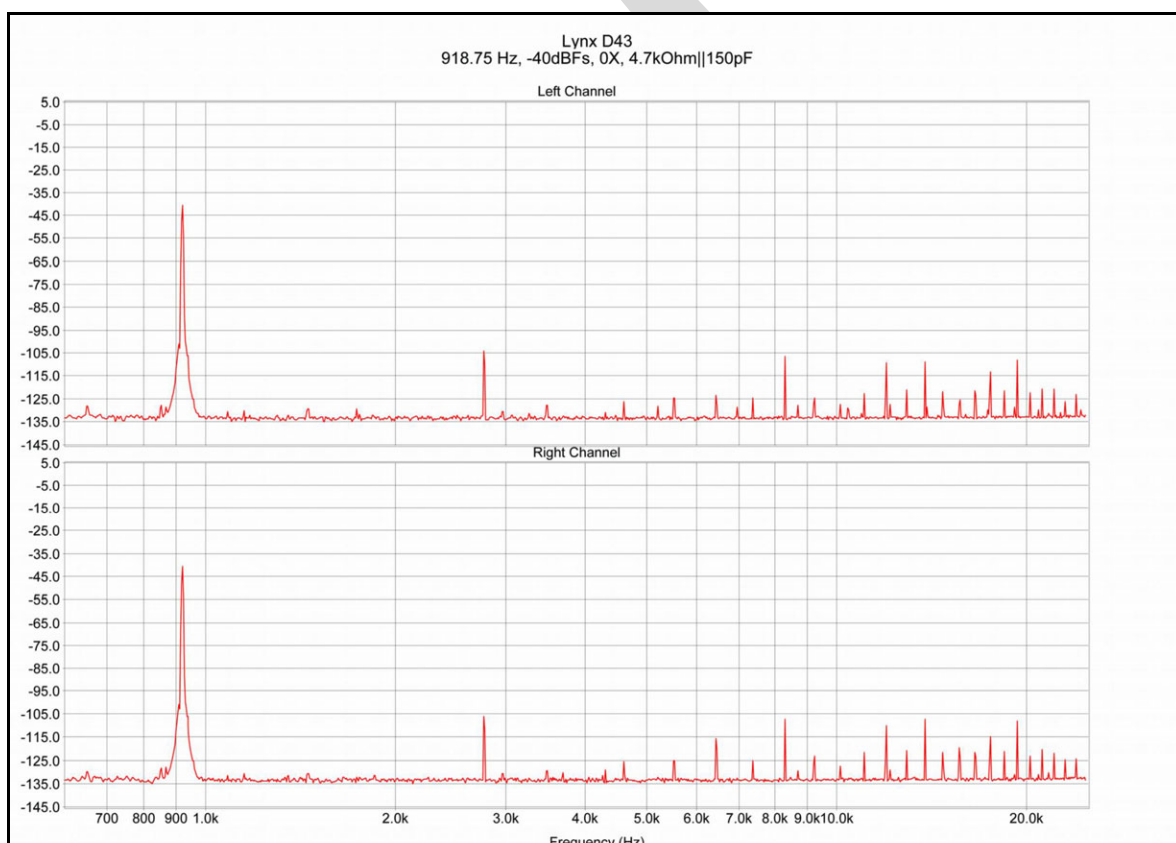


Рис. 10

Спектрограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц
уровнем -40дБ в режиме работы без цифровой фильтрации

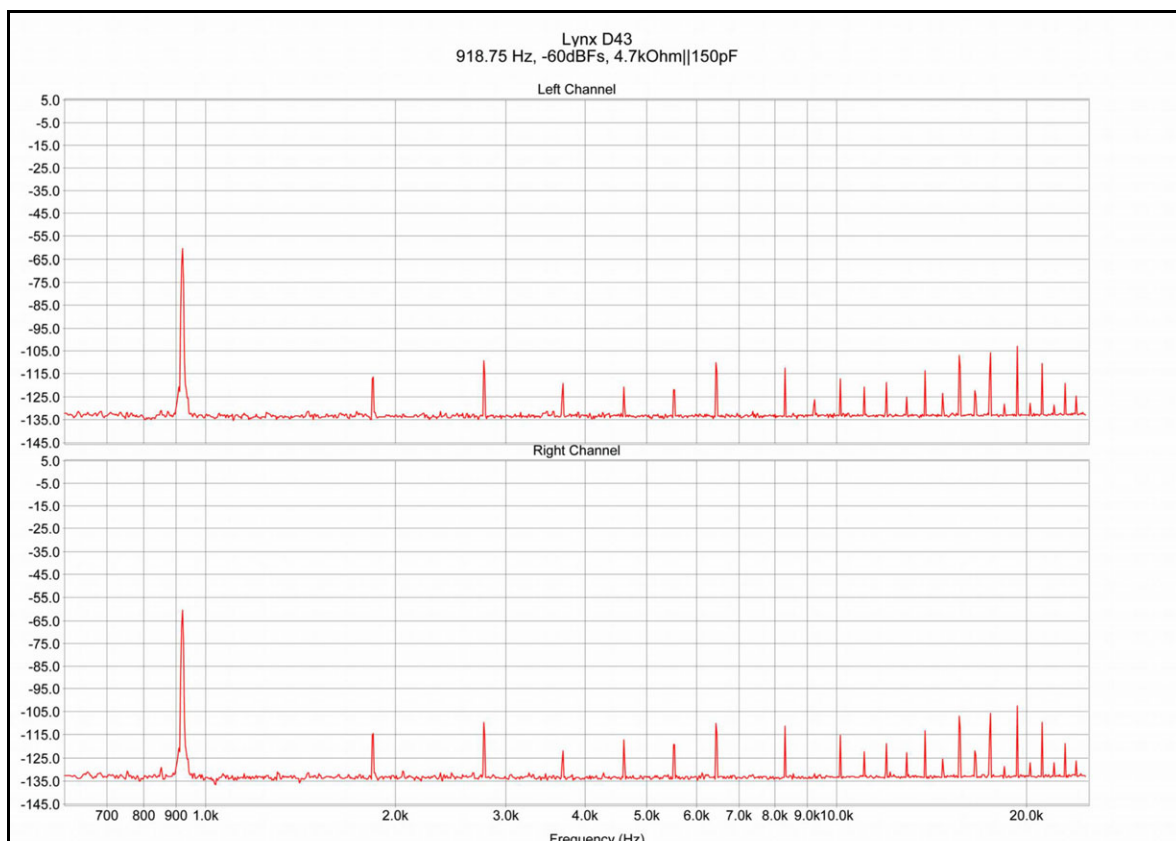


Рис. 11

Спектрограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц
уровнем -60дБ в режиме работы с цифровой фильтрацией

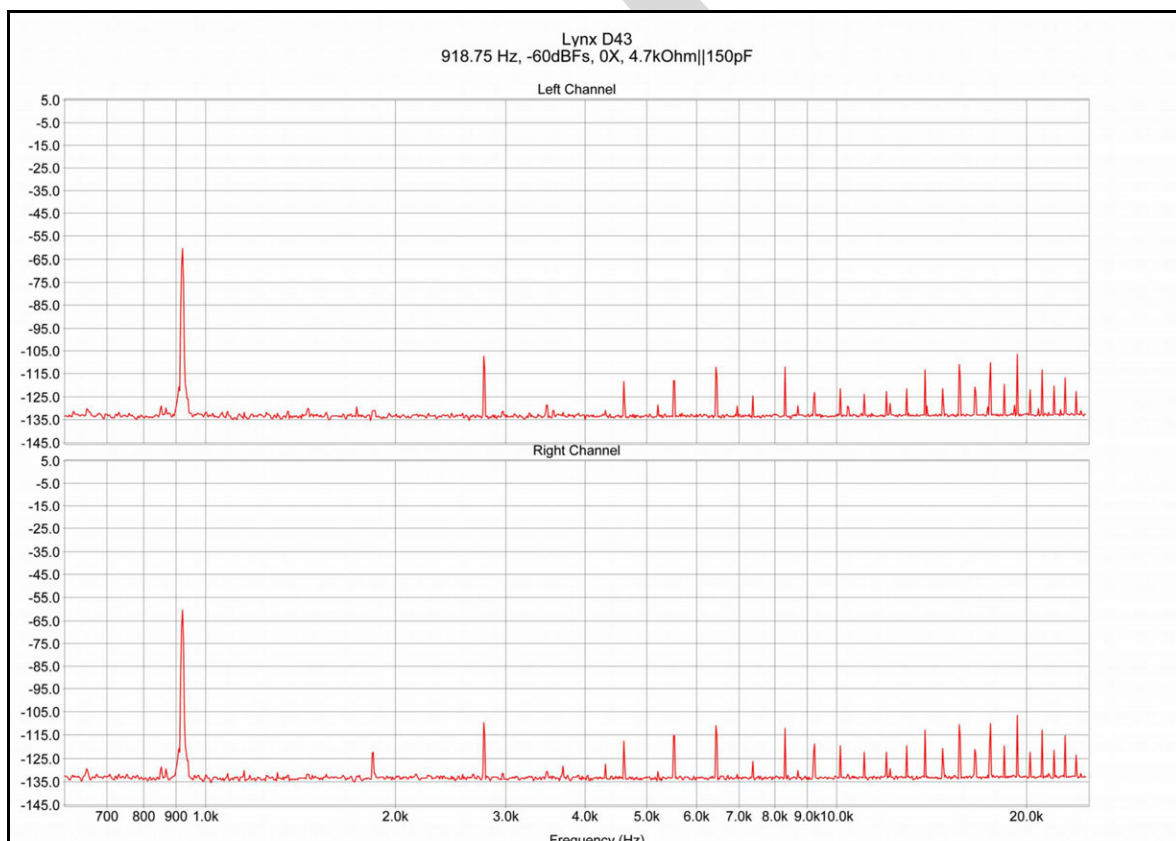


Рис. 12

Спектрограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц
уровнем -60дБ в режиме работы без цифровой фильтрации

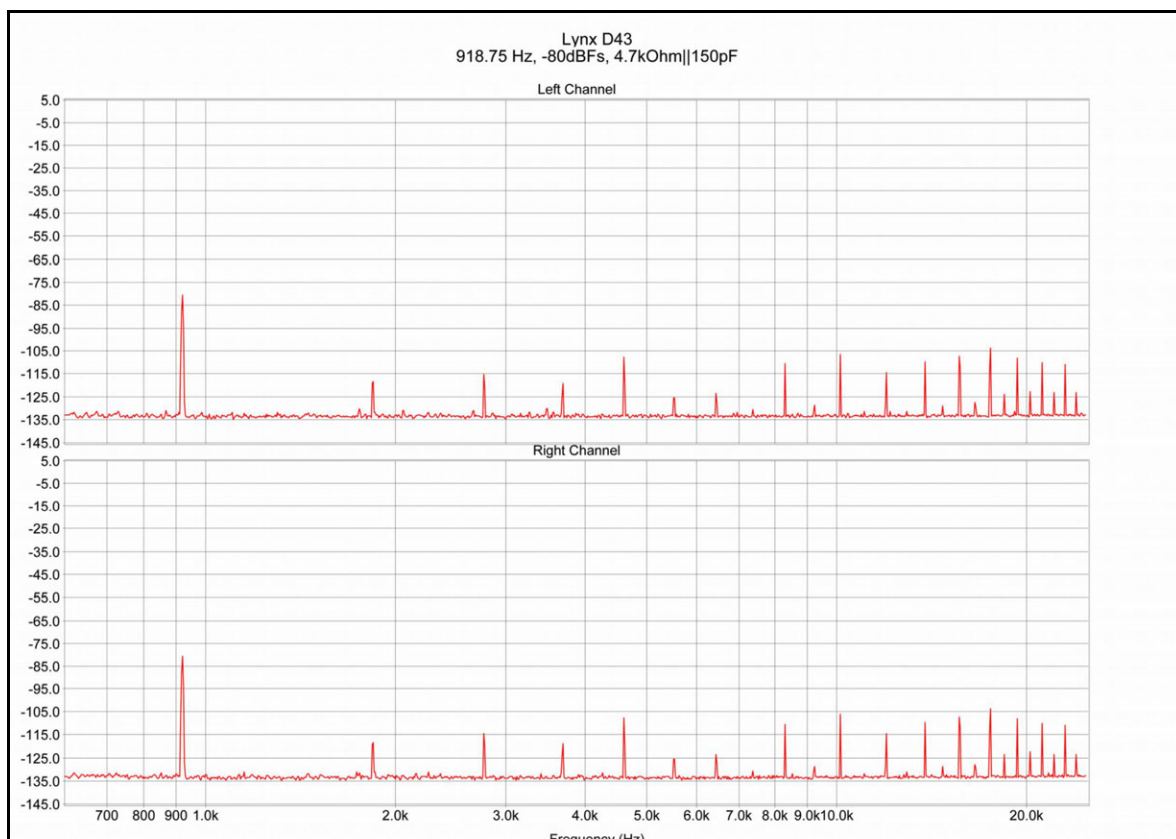


Рис. 13

Спектрограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц
уровнем -80дБ в режиме работы с цифровой фильтрацией

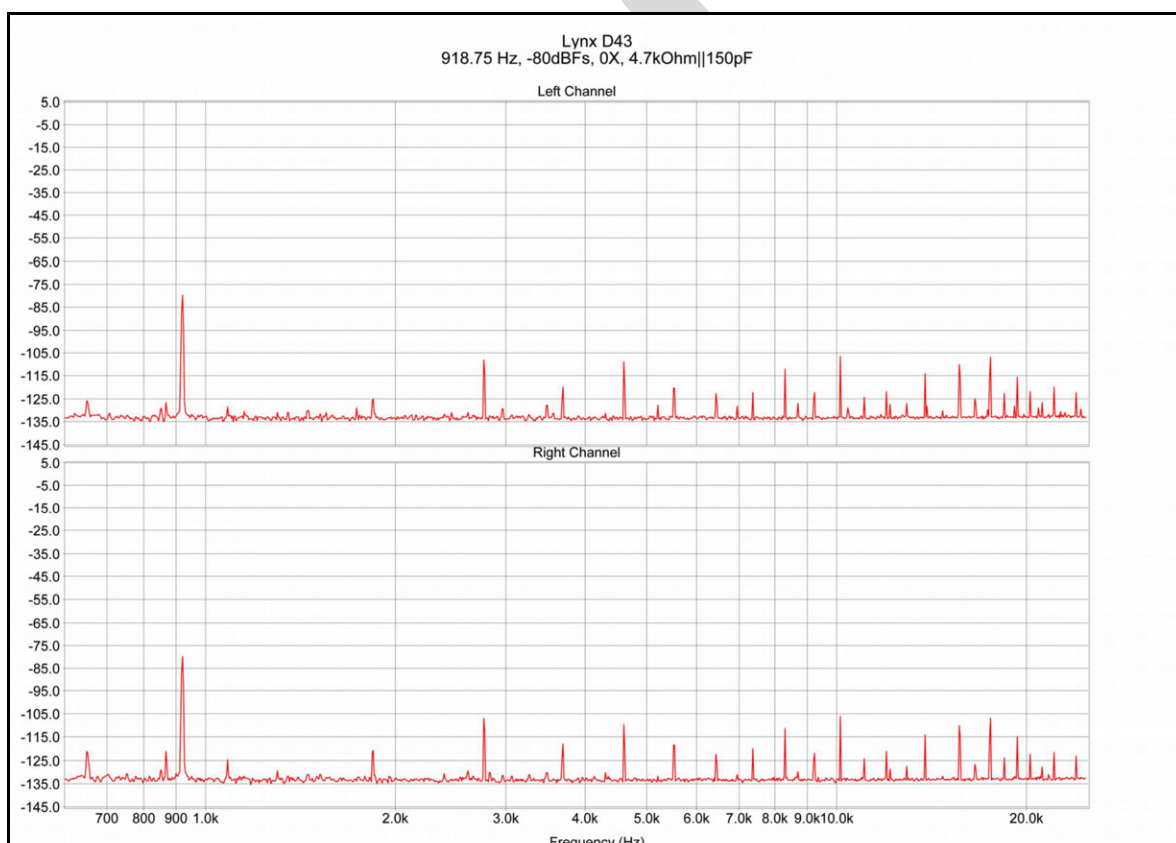


Рис. 14

Спектрограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц
уровнем -80дБ в режиме работы без цифровой фильтрации

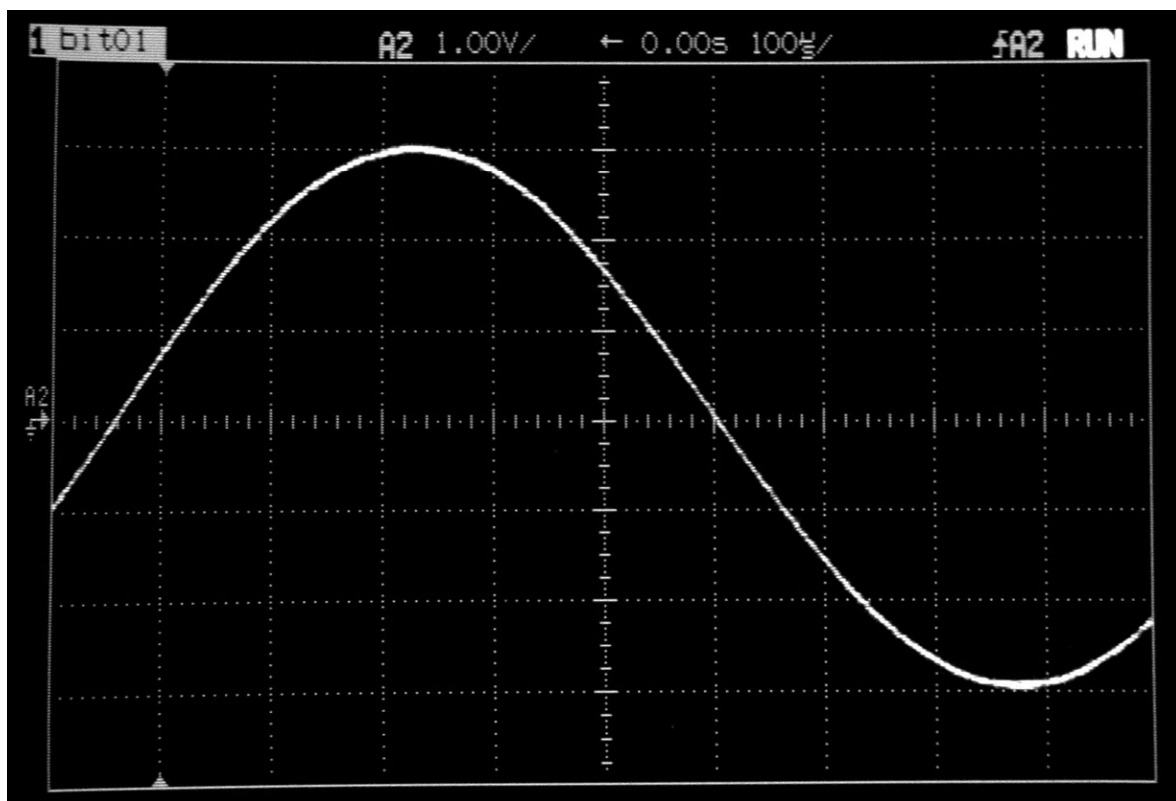


Рис. 15

Осциллограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц уровнем 0дБ в режиме работы с цифровой фильтрацией

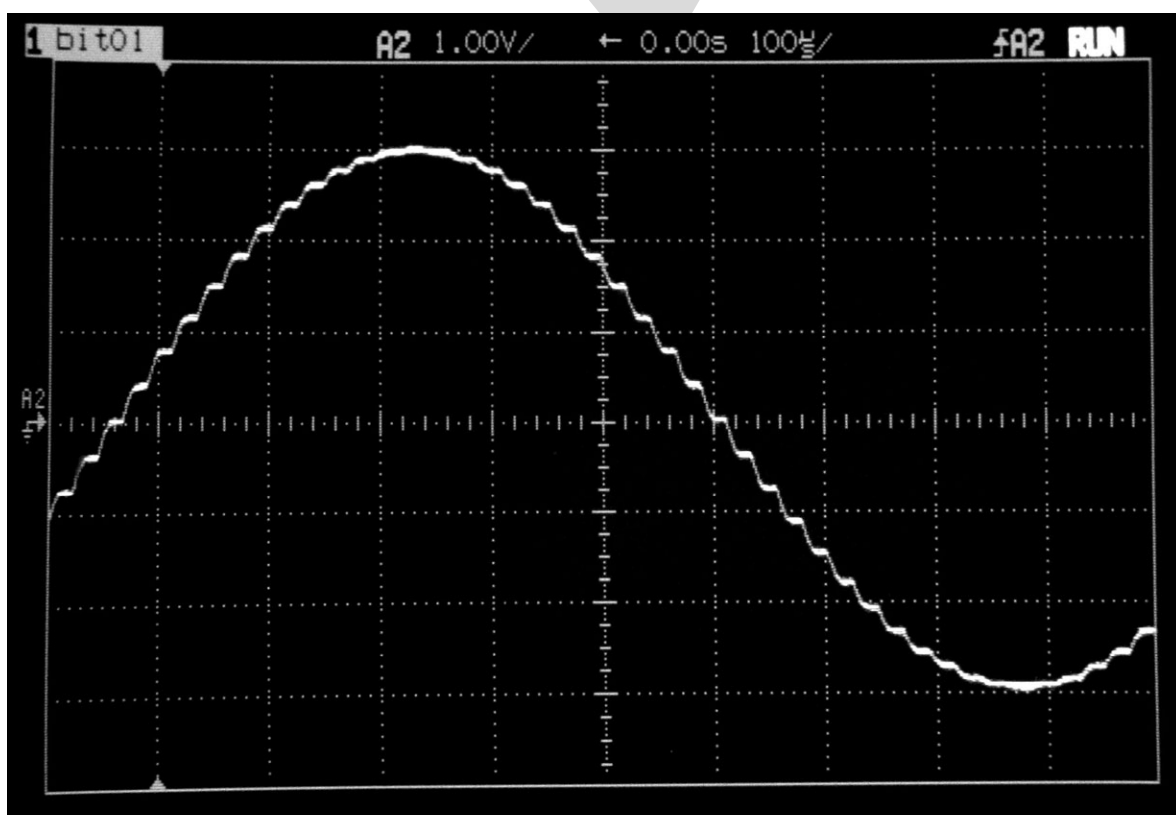


Рис. 16

Осциллограмма отсчетно – коррелированного сигнала частотой 918.75 Гц уровнем 0дБ в режиме работы без цифровой фильтрации

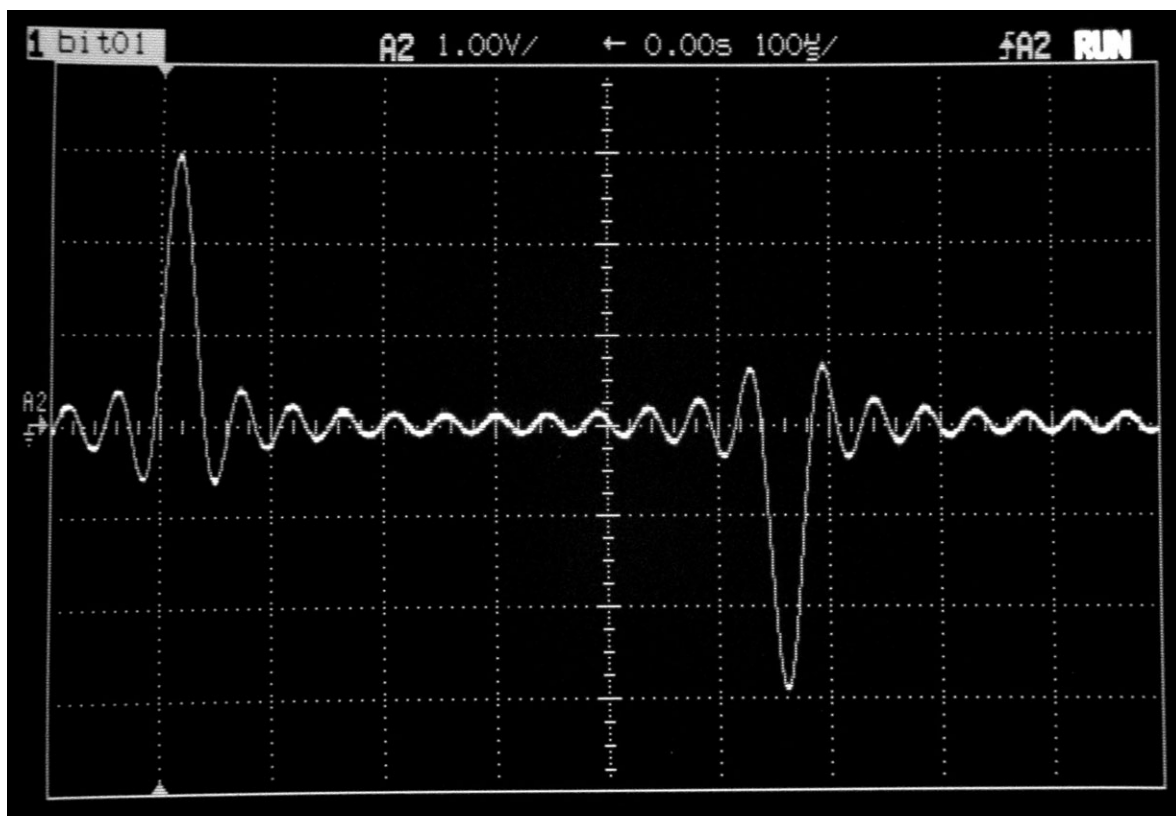


Рис. 17

Осциллограмма цифрового одноотсчетного дельта-импульса амплитудой 0дБ в режиме работы с цифровой фильтрацией

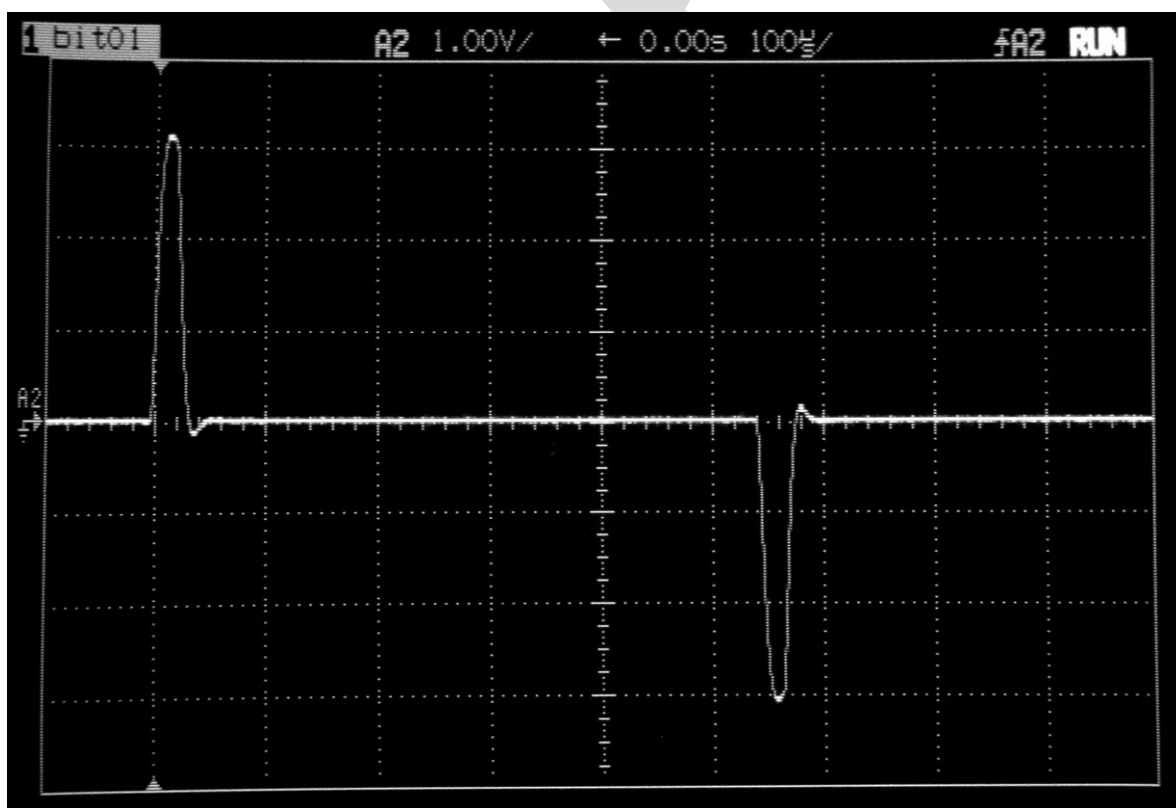


Рис. 18

Осциллограмма цифрового одноотсчетного дельта-импульса амплитудой 0дБ в режиме работы без цифровой фильтрации

Анализ полученных спектров и осциллограмм позволяет сделать вывод, что в режиме без передискретизации спектр помех и искажений даже в звуковом диапазоне частот более плотный и жесткий, ввиду большего уровня продуктов интермодуляции ВЧ-составляющих, а за пределами звукового диапазона поражен помехами большого уровня с частотой дискретизации и ее гармоник, и только применение фильтров НЧ высокого порядка (в роли которых можно предположить применение ламповых усилительных устройств с неширокой полосой и высокой собственной линейностью без ООС) может справиться с подобными помехами. Единственное преимущество преобразования без передискретизации и цифровой фильтрации заключается в более точной передаче формы импульсных сигналов, но его легко утратить за счет неудачной переходной характеристики устройств, следующих за ЦАП.

Субъективное звучание ЦАП Lynx D43 очень приятное, неустойчивое, хорошо передает эмоциональную составляющую записей. В режиме без передискретизации звучание более «мягкое» и «грязноватое», характерное для такого режима, но для некоторых записей может оказаться весьма интересным. Прослушивание производилось при работе по синхронной шине (ведущий вход) с использованием транспорта Teac CMK3, усилителей Lynx VTA39 и Lynx 17, АС Dynaudio Focus 220.

В заключение хотелось бы искренне поблагодарить за помощь и поддержку всех тех, кто прямо, косвенно или опосредовано имел отношение к созданию рассмотренного выше устройства и написанию данного материала: моих товарищей и коллег Сергея Жукова (г. С.-Петербург), Андрея Попцова (г. С.-Петербург), компании «Платан», «Вест-Эл», «Элкомаг» «Элтех», «Гамма», «ЭФО», а также моих жену, маму и сына за постоянное внимание, тепло и заботу, без которых невозможно было бы успешное творчество.

Дмитрий Андронников (Lynx Audio)
Санкт – Петербург,
январь - март 2009 г.