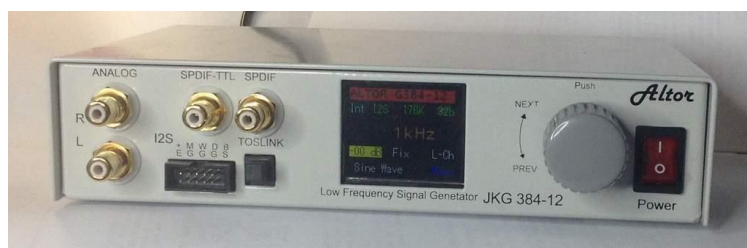


# Генератор цифровых аудио сигналов JK-GEN 384-12

©2013, ALTOR



Данное устройство предназначено для проверки, отладки и ремонта блоков современной аудиотехники. Устройство генерирует 11 различных форм сигналов методом прямого синтеза (DDS), с частотой дискретизации до

384кГц, разрядностью до 32 бит в цифровом и аналоговом виде, для подачи на исследуемую аппаратуру.

Отличительной чертой данного устройства является именно генерация сигналов в цифровом виде (I2S, SPDIF, TOSLINK), как правило, отсутствующая в большинстве обычных генераторов сигналов.

## Содержание:

1. Введение.....	2
2. Основные сигналы, режимы работы, технические характеристики генератора.....	3
2.1 Выходные сигналы.....	3
2.2. Выходные разъемы. ....	3
2.3. Форма генерируемых сигналов. ....	3
2.4. Частота генерируемых сигналов. ....	3
2.5. Амплитуда генерируемых сигналов.....	4
3. Пользовательский интерфейс.....	4
3.1 Передняя панель.....	4
3.2 Дисплей. ....	5
4. Дополнительные функции и параметры. ....	5
4.1 Тактирование.....	5
4.2 Запоминаемые конфигурации ....	6
4.3 Питание. ....	6
4.4 Конструктивное исполнение. ....	6
5. Блок-схема устройства ....	6
6. Схема соединений модулей устройства.....	7
7. Обновление программного обеспечения. ....	8
8. Приложение. ....	9
8.1 Выходные разъемы и их выводы.....	9
8.2 Формы (осциллограммы) генерируемых сигналов.....	10
8.3 Спектры генерируемых сигналов.....	12
8.4 Сводная таблица параметров устройства.....	19
9. Предполагаемые доработки в следующих версиях.....	21
10. Замечания.....	21

## 1. Введение.

Основной элемент современной аудиотехники – ЦАП (Цифро-Аналоговый Преобразователь). Входом микросхемы аудио-ЦАПов является шина I2S, формально являющаяся одной из разновидностей синхронной последовательной шины (SPI). При этом название “I2S” относится только к смыслу входящий в нее сигналов данных (SDATA), битовой (BCLK) и канальной (WCLK или LRCLK, что тоже самое) синхронизации и общей синхронизации (MCLK). Физически сигналы могут быть TTL/CMOS, PECL, LVDS, RS485 и т.п., а логический протокол может быть Philips-I2S, Left Justify (LJ), Right Justify с различной разрядностью (RJ24, RJ16), DSP, TDMCA, etc. Вход готового устройства «ЦАП» (не микросхемы, непосредственно) может быть SPDIF/TOSLINK (коаксиальный или оптический последовательный канал) или I2S. Сам «готовый ЦАП» обычно состоит из SPDIF/TOSLINK-приемника (преобразователь SPDIF/TOSLINK в I2S).

При разработке, отладке, проверках ЦАПов, необходимо подать на вход соответствующий сигнал. Обычно для этого используют CD/DVD плеер – для подачи SPDIF/TOSLINK, используя диск, на котором записаны соответствующие тестовые сигналы, или компьютер со звуковой картой, имеющей соответствующие выходы.

В качестве такой звуковой карты часто используются USB аудио интерфейсы (PCM27xx, PCM29xx), некоторые из которых помимо SPDIF имеют и I2S выходы, и позволяют работать непосредственно с самим ЦАПом, минуя приемник (особенно, если его нет, и ЦАП обладает только I2S входом).

Эти интерфейсы работают максимум в формате 48/16, для использования форматов с более высоким разрешением уже нужны более продвинутые USB устройства – Amanego, EDEL, Flamenco, Volero и т.п. Подобные интерфейсы в сочетании с компьютером дают большое удобство и гибкость, позволяя генерировать различные тестовые сигналы.

Проверка аналоговых блоков аппаратуры, как правило, производится с подачей на их входы аналоговых тестовых сигналов различной формы. Такие сигналы также могут быть получены при помощи компьютера (встроенной или внешней звуковой карты).

Описываемый генератор предназначен для тех же целей, однако в отличие от компьютера – это малогабаритное, автономное устройство (возможно и питание от батареи/аккумулятора – устройство потребляет всего несколько ватт). Есть также некоторые преимущества и в оперативности в работе (переключение режимов шины, частоты шины и т.д. осуществляется намного быстрее, чем в случае компьютерных интерфейсов, в которых некоторые вещи вообще трудно или невозможно изменить, т.е. данное устройство более гибкое в использовании).

## 2. Основные сигналы, режимы работы, технические характеристики генератора.

### 2.1 Выходные сигналы.

- буферированный I2S (SDATA, BCLK, WCLK, MCLK), 3.3В CMOS;
- форматы выходной шины: I2S, LJ, RJ24, RJ16 \*;
- разрядность передаваемых данных: 16, 24, 32;
- частота выходной шины (Fs): 44.1, 48, 88.2, 96, 176.4, 192, 352 \*\*, 384 \*\*, kHz
- оптический TOSLINK интерфейс;
- коаксиальный SPDIF выход
- SPDIF\_CMOS выход
- аналоговый выходной стерео сигнал со встроенного ЦАПа.

\* - генерация аналогового сигнала производится только при установке шины в положение I2S или LJ.

\*\* - частоты шины 352кГц и 384кГц являются вспомогательными, правильная генерация аналоговых сигналов, а также целостность передаваемых по цифровой шине сигналов предусмотрена, но не гарантируется. Основное предназначение этих частот – проверка прохождения сигналов цифровой шины по тракту.

### 2.2. Выходные разъемы.

- RCA – для подключения коаксиального кабеля, сигнал SPDIF;
- RCA – для подключения коаксиального кабеля, сигнал SPDIF\_CMOS;
- TOTX – для подключения оптического кабеля, сигнал TOSLINK;
- IDC10 – сигналы выходной шины I2S, управление внешним тактовым генератором;
- 2xRCA – выходной аналоговый сигнал.

### 2.3. Форма генерируемых сигналов.

Группа I : синус, 200мс пачки синуса, треугольник, пила, прямоугольник.

Группа II: синус с переменной частотой (свип), двойной тон (IMD), белый шум, розовый шум, константа, цифровой ноль.

При использовании аналоговых сигналов типа «прямоугольник, пила, треугольник» - рекомендуется выбирать частоты дискретизации 352 или 384кГц – при этом будут отсутствовать артефакты, связанные с работой цифрового фильтра встроенного ЦАПа.

### 2.4. Частота генерируемых сигналов.

- для сигналов группы I: фиксированная частота из ряда 0.1, 1, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 Гц, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 кГц, плавное изменение (поразрядно) частоты до 0.1 до 99999.9Гц.

Превышение генерируемой частотой половины частоты цифровой шины (нарушение теоремы Котельникова/критерия Найквиста) индицируется красным цветом;

Для сигнала «синус с переменной частотой» задается начальное и конечное значение частот из ряда фиксированных частот (см. выше). Шаг изменения частоты – 1/24 октавы, длительность посылки одной частоты – 20мс, время между пакетами – 200мс.

Для сигнала «константа» возможность изменить поразрядно каждую цифру (4 бита из общих 32-х), по умолчанию передается число 0xA1B2C3D4.

Сигнал «двойной тон» для проверки интермодуляционных искажений предусмотрено три режима:

- 60/7000 Гц с соотношением амплитуд 4:1,

- 250/8020 Гц, с соотношением 4:1,
- 6000/7000 Гц с соотношением 1:1,
- 19000/20000 Гц с соотношением 1:1.

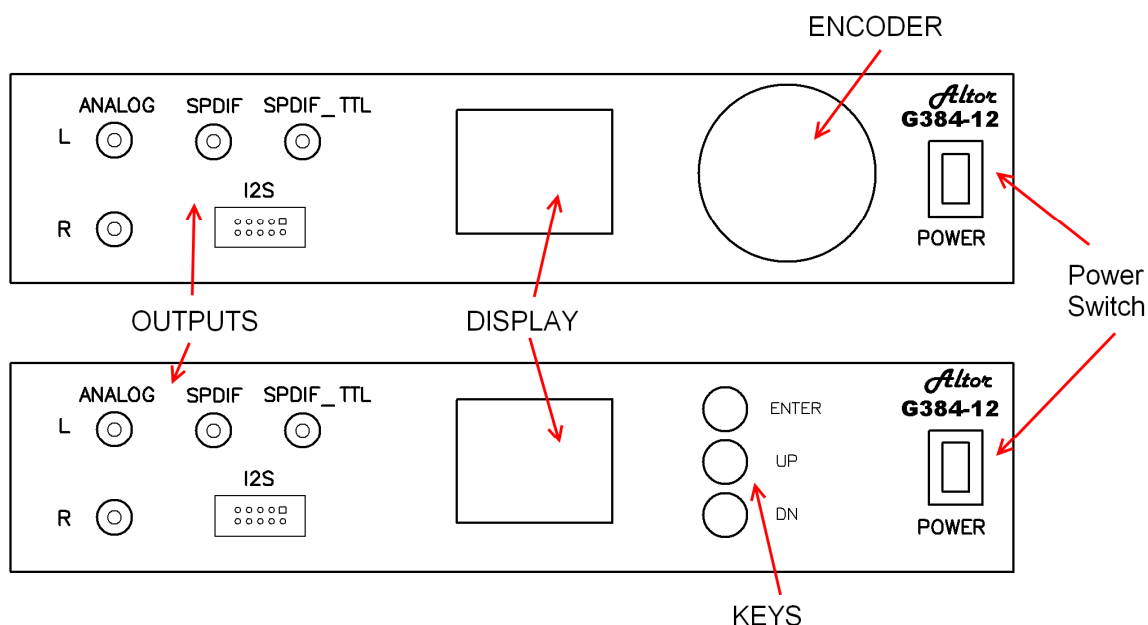
## 2.5. Амплитуда генерируемых сигналов.

- выходные цифровые сигналы: 3V CMOS;
- выходной аналоговый сигнал: 2V<sub>rms</sub> (TBD);
- КНИ (THD) синтезированного синусоидального сигнала: <0.05% TBD;
- КНИ (THD) аналогового синусоидального сигнала: <0.05%\*;
- цифровая регулировка амплитуды: от 0 до -60дБ с шагом 1дБ;
- управление стереоканалами: левый+правый (L+R), только левый(L), только правый (R), оба выключены (Mute). В выключенном канале (каналах) передается цифровой ноль.

\* для проверки аналоговых устройств, где необходимо сверхнизкое значение THD, можно воспользоваться внешним высококачественным аудио ЦАПом, подключенным к цифровым выходам, или использовать полосовой фильтр на заданную частоту, для уменьшения гармоник генерируемого устройством собственного аналогового сигнала.

## 3. Пользовательский интерфейс.

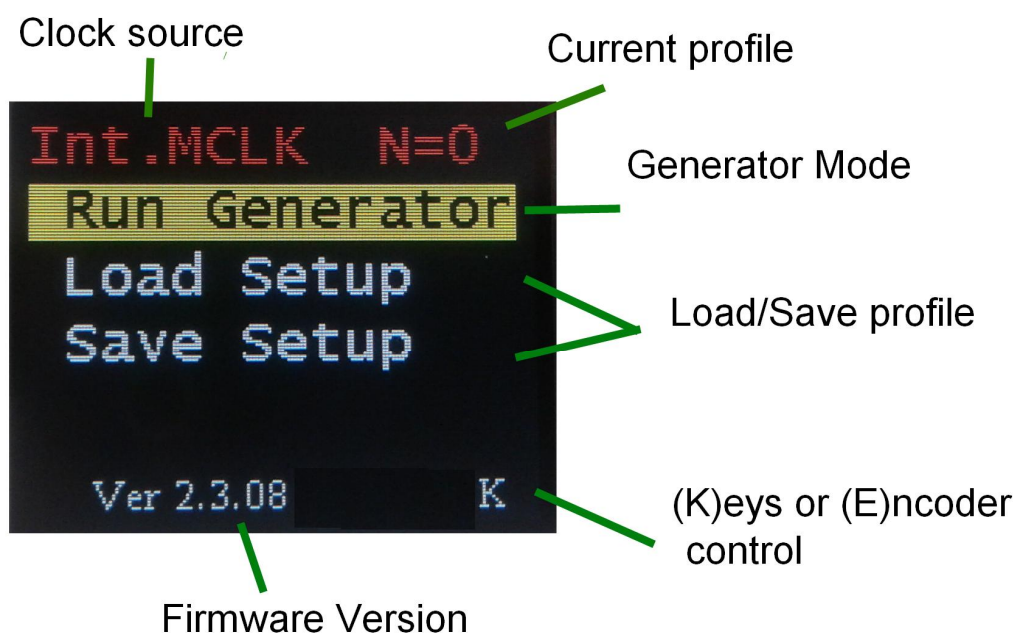
### 3.1 Передняя панель.



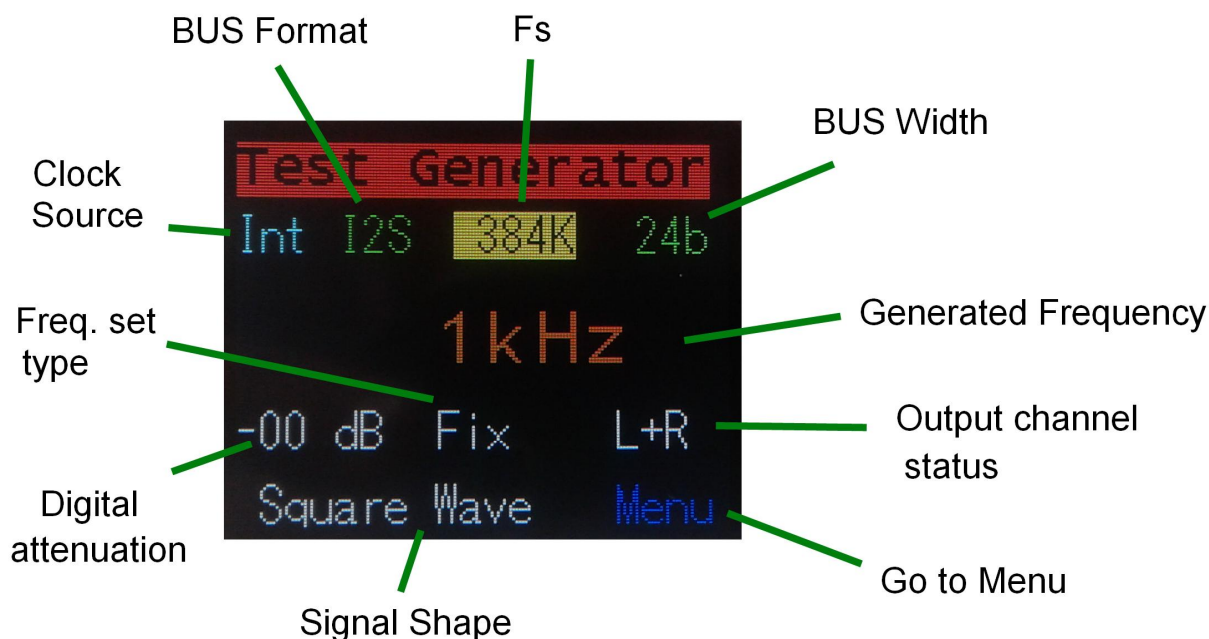
- управление одной ручкой энкодера с нажатием или тремя кнопками (в зависимости от версии);
- вращение энкодера – выбор позиции, нажатие энкодера – изменение состояния,
- в случае управления кнопками, две кнопки осуществляют выбор позиции, и третья кнопка – изменение состояния.
- индикация: цветной 2” TFT дисплей;
- обновление прошивки с USB Flash (Disc On Key) через разъем на плате;
- сохранение до 8 пользовательских настроек в энергонезависимой памяти;

### 3.2 Дисплей.

Меню:



Рабочий экран устройства:



## 4. Дополнительные функции и параметры.

### 4.1 Тактирование.

- внутренне тактирование, от встроенного двухчастотного генератора, частота MCLK 22.5792/24,576 МГц (512 Fs),
- внешнее тактирование (при подаче 3-5в на вход "EXT" сигнал MCLK выходной шины переключается на вход),

- для управления внешним генератором (переключения сетки частот) выдается сигнал “Scale”),
- возможно использование внешних генераторов с частотой 512Fs (22.5792/24,576 МГц) или 1024Fs (45,4584/49.152 МГц);
- частота внешнего тактового сигнала и зависимость от полярности сигнала “Scale” определяются автоматически.

## **4.2 Запоминаемые конфигурации**

TBD Устройство имеет 8 различных конфигураций (setup или profile):

Конфигурация 0 – является factory default при включении устройства, не может быть сохранена.

Конфигурации 1-7: в любое время могут быть сохранены в энергонезависимой памяти, и впоследствии использованы.

## **4.3 Питание.**

В зависимости от исполнения, устройство может питаться от:

- сети переменного тока 100-240 В 50/60Гц от внешнего адаптера,
- сети переменного тока 120 В/60Гц от встроенного блока питания,
- сети переменного тока 230 В/50Гц от встроенного блока питания,
- напряжение постоянного тока 7.5-9В,

Потребляемая мощность: 2.5Вт (при работе от напряжения постоянного тока 7.5В, от внутреннего тактового генератора, без подключения дополнительных устройств \*).

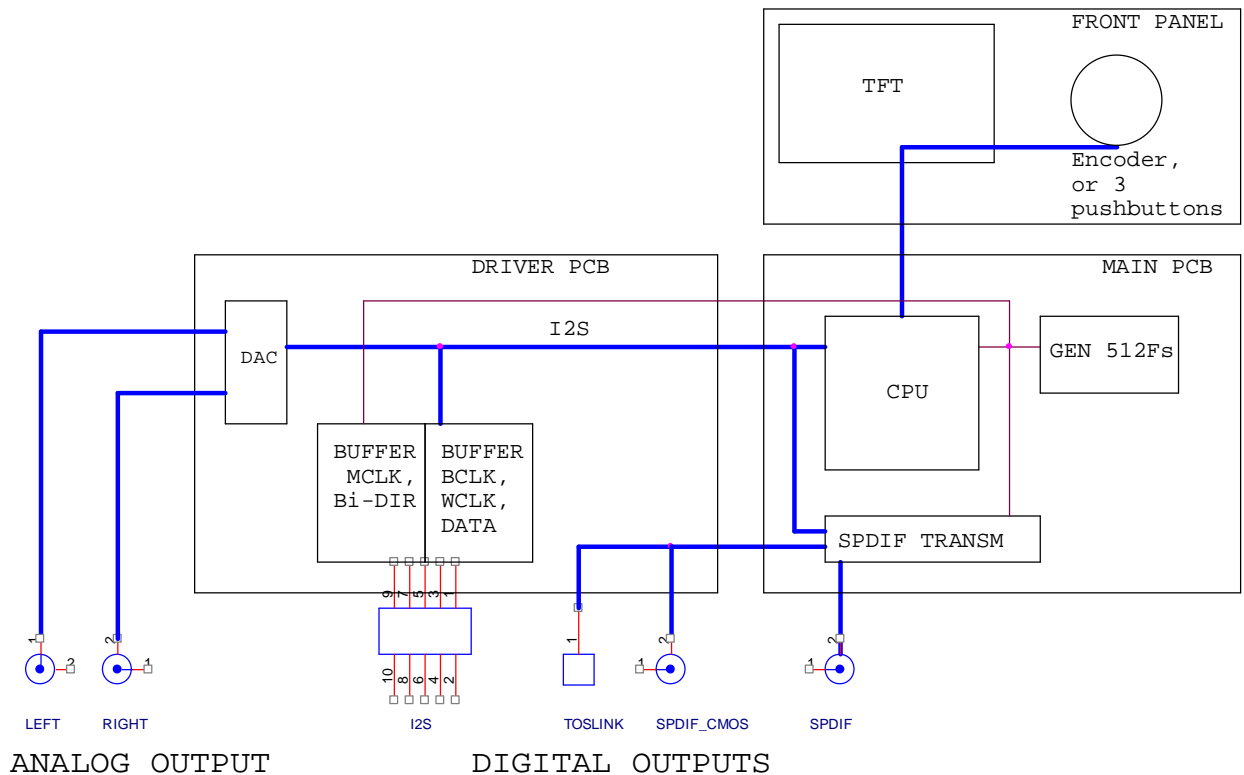
\* внешние переходники могут, к примеру, использоваться для подключения гальванической развязки, и/или преобразования сигналов шины CMOS в RS485, LVDS, LVPECL, etc.

## **4.4 Конструктивное исполнение.**

В зависимости от модели, возможны 4 вида комплектации и конструктивного исполнения:

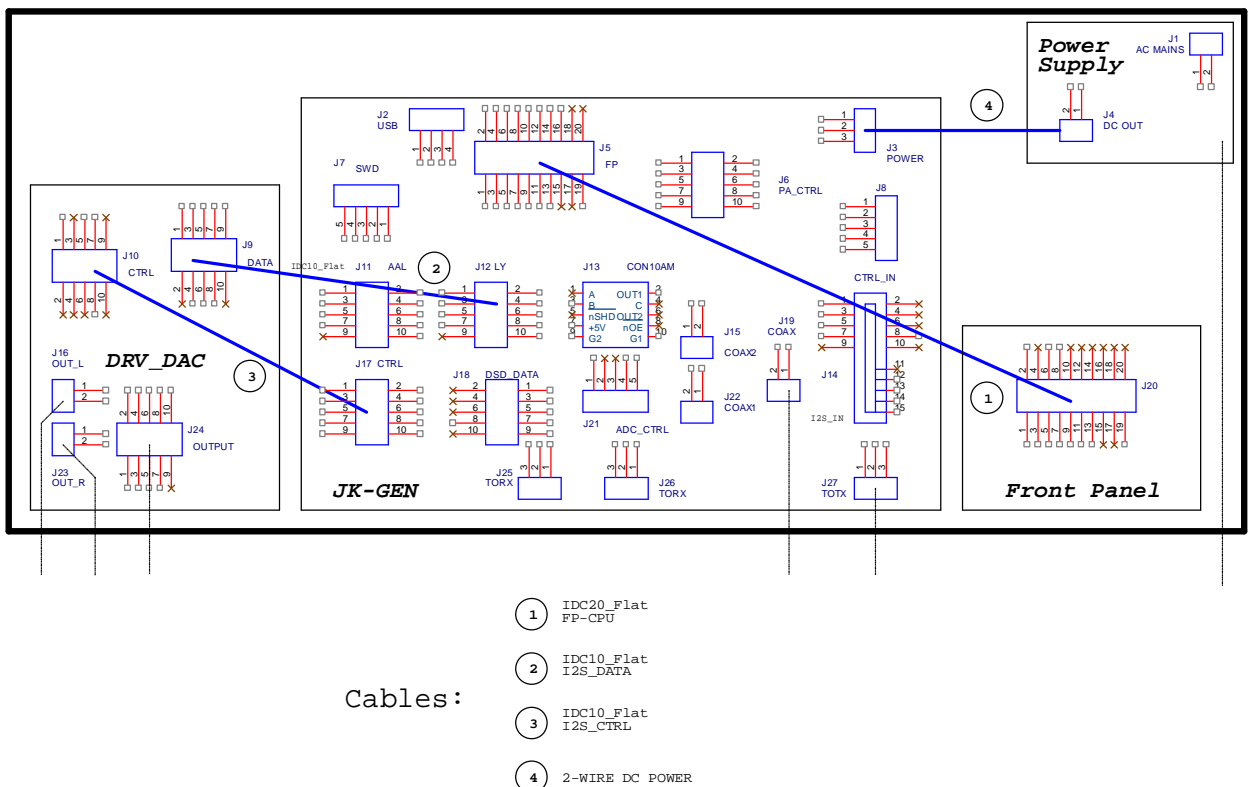
- 1) Законченный прибор со встроенным блоком питания,
- 2) Законченный прибор с внешним блоком питания (адаптер),
- 3) OEM-комплект: набор полностью собранных плат (процессорная плата, модуль генераторов, выходная плата, плата передней панели),
- 4) DIY-комплект – процессорная плата с установленным процессором с программой, и его минимальной обвязки, пустые выходная плата и плата передней панели. По договоренности возможно дополнительное комплектование некоторыми деталями (микросхемы, дисплей и т.п.)

## **5. Блок-схема устройства**



Устройство состоит из управляющего микропроцессора с TFT дисплеем и вводом кнопками или энкодером. Тактирование осуществляется внутренним или внешним генератором. Сигналы выходной шины I2S микропроцессора подаются на SPDIF-передатчик, на внутренний цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП, DAC), а также на I2S выход устройства через буфер.

## 6. Схема соединений модулей устройства



Конструктивно, устройство состоит из трех плат: процессорной платы, платы буфера, а ЦАП и платы передней панели (не считая блока питания). Внутренний генератор представляет собой модуль, устанавливаемый в разъем на процессорной плате. Передняя панель и процессорная плата соединяются 20-жильным плоским кабелем (1). Плата ЦАП и буфера соединяется с процессорной платой двумя 10-жильными плоскими кабелями (2 и 3).

Отдельными экранированными кабелями (или витой парой) к плате ЦАП и буфера подключаются RCA разъемы аналоговых и SPDIF выходов.

К разъему питания процессорной платы 2-х жильным кабелем (4) подключается блок питания.

## **7. Обновление программного обеспечения.**

Для устранения обнаруженных ошибок в работе, а также для дальнейшего развития и совершенствования устройства, предусмотрено обновление программного обеспечения («прошивки», или *firmware*), при помощи внутреннего загрузчика (бутлоадера), которое производится по следующей процедуре:

- выключите устройство
- включите питание устройства при нажатой кнопке SW8 на задней панели устройства, (после входа в режим обновления, кнопку можно отпустить), при ее отсутствии - установите перемычку (джампер) между контактами 1-2 разъема J14
- вставьте в USB разъем флеш-диск (Disc-On-Key), с записанным на него файлом прошивки. Процесс обновления будет индицироваться на экране. При обнаружении корректного файла прошивки будет дан 10-секундный отсчет. Если по какой-то причине, Вы передумали обновлять программное обеспечение – просто выключите питание устройства или выньте USB флеш до окончания отсчета. По окончании обновления - выключите устройство, выньте USB флеш, снимите (если устанавливали) перемычку с J14 и включите снова устройство.

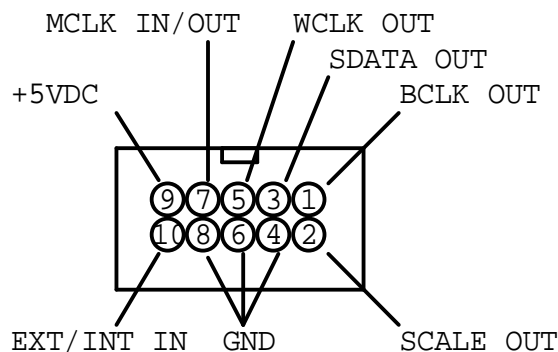


## 8. Приложение.

### 8.1 Выходные разъемы и их выводы

Выходные аналоговый и SPDIF разъемы – типа RCA, центральный провод сигнал.

Цифровой I2S выход – IDC10 разъем со следующими сигналами:

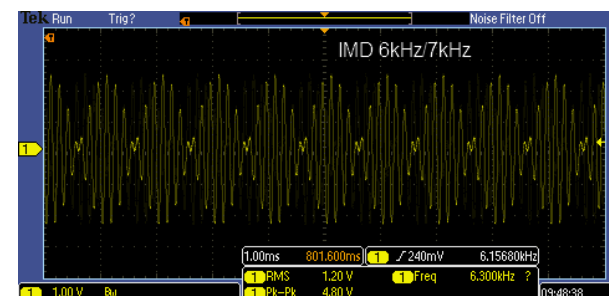
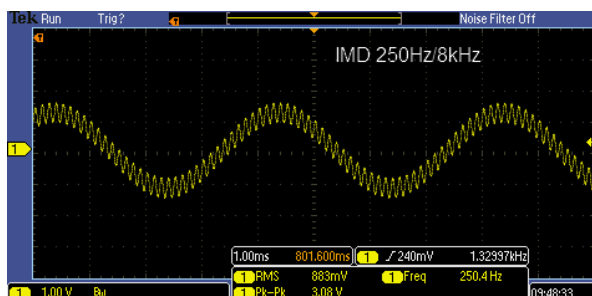
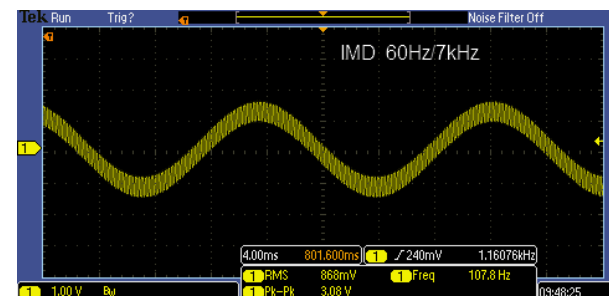
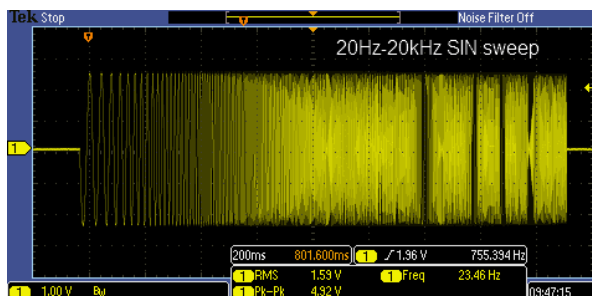
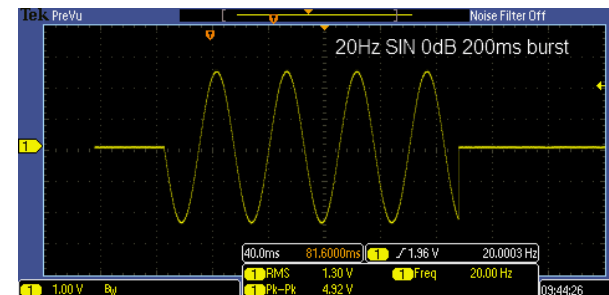
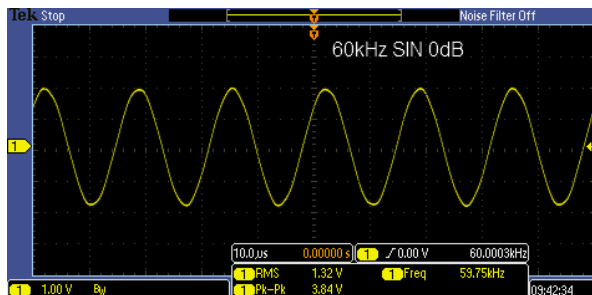
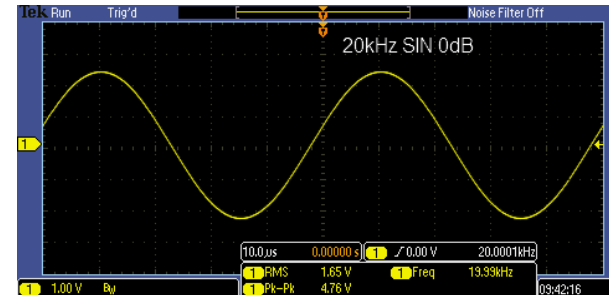
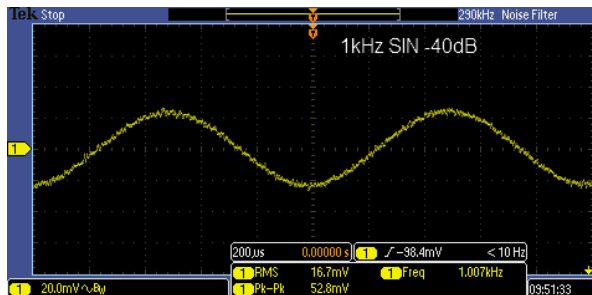
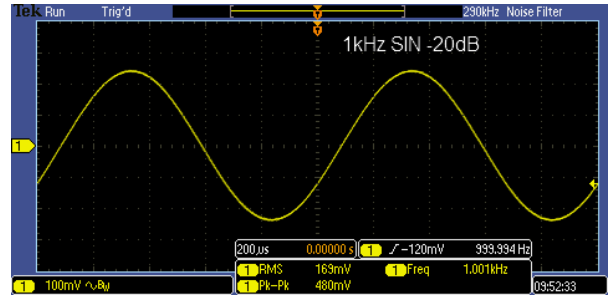
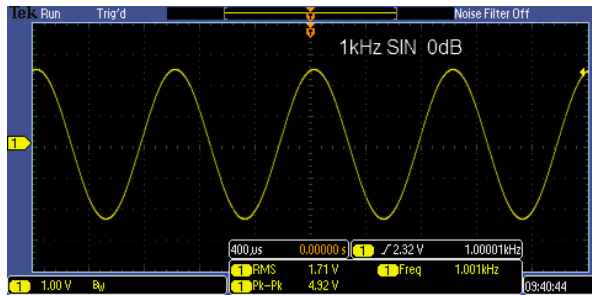


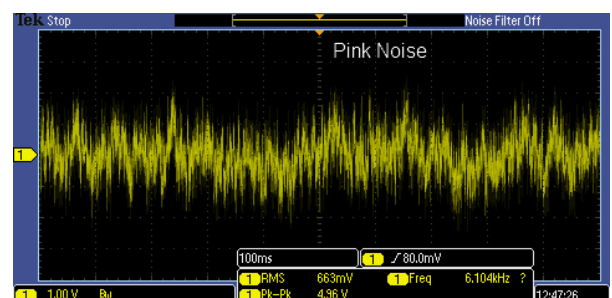
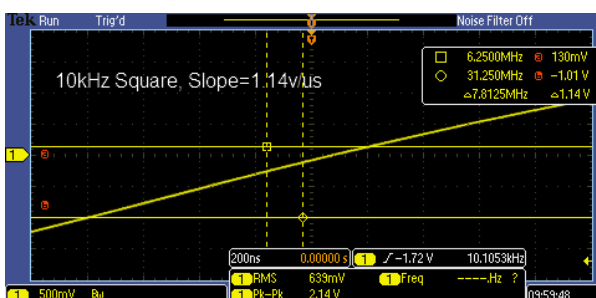
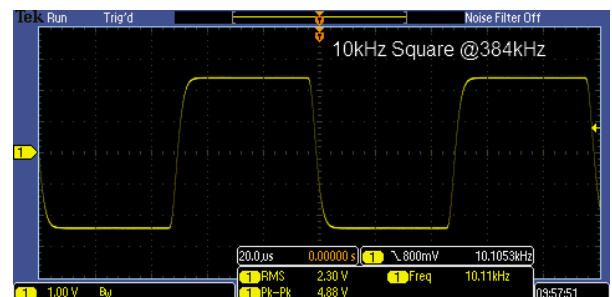
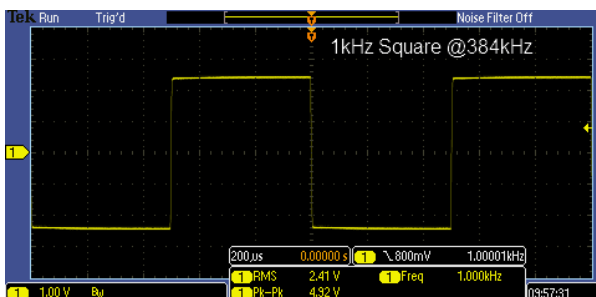
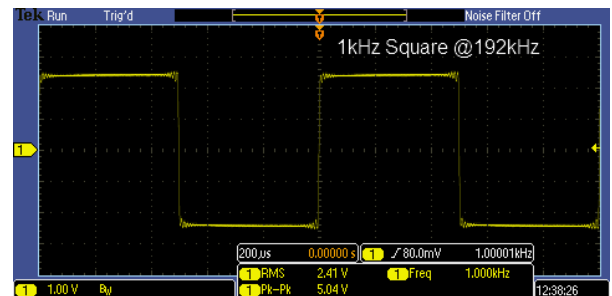
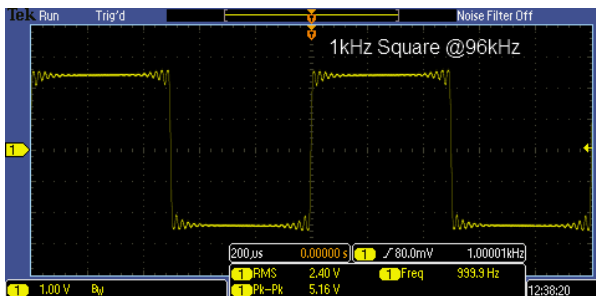
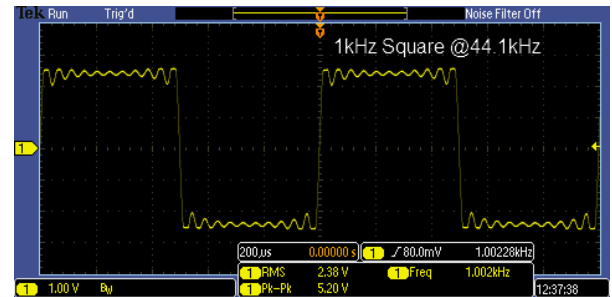
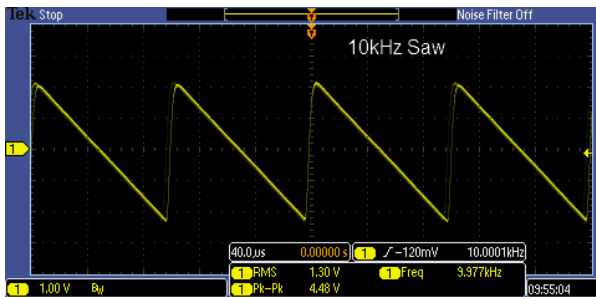
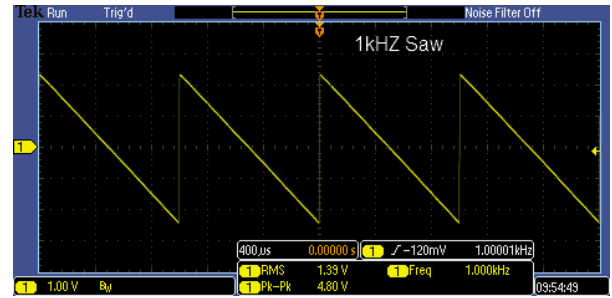
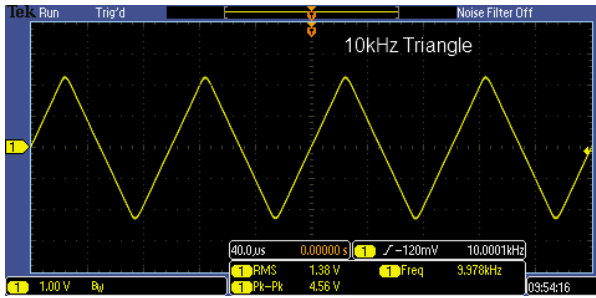
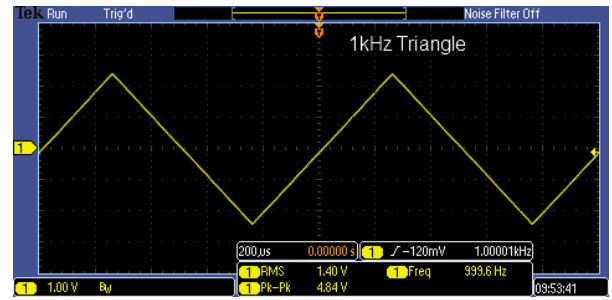
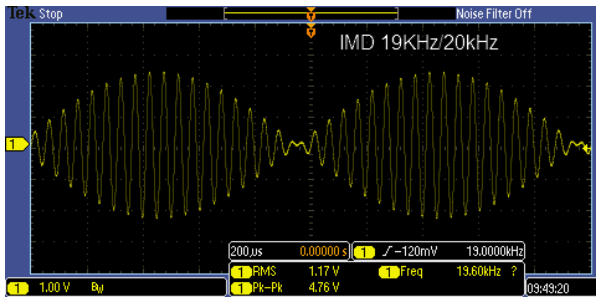
Подача +-5в на сигнал EXT/INT переключает устройство на работу от внешнего генератора. Для этой цели можно использовать выход +5VDC, также он может использоваться для питания дополнительных устройств (например – гальванической развязки для I2S). Допустимая величина потребляемого тока для дополнительных устройств – до 100мА.

Сигнал Scale (3V CMOS) переключает сетку частот генераторов (44/48), требуемая для внешнего генератора полярность сигнала определяется автоматически.

## 8.2 Формы (осциллограммы) генерируемых сигналов.

Осциллограммы аналогового выхода генератора:



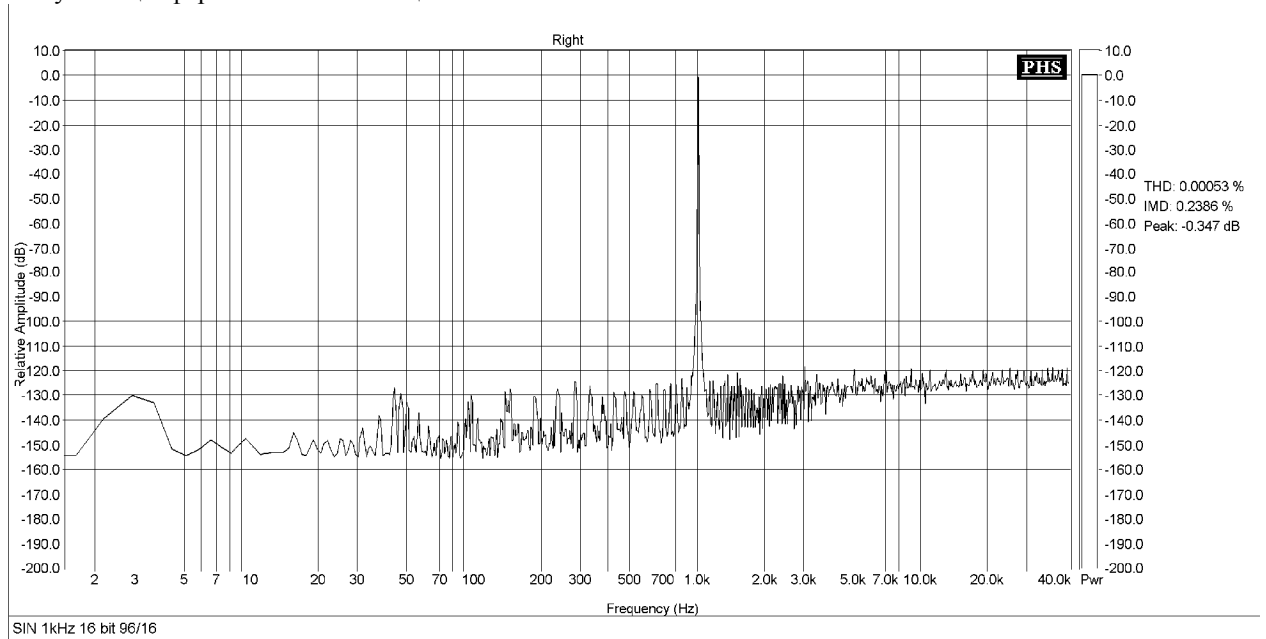


### 8.3 Спектры генерируемых сигналов.

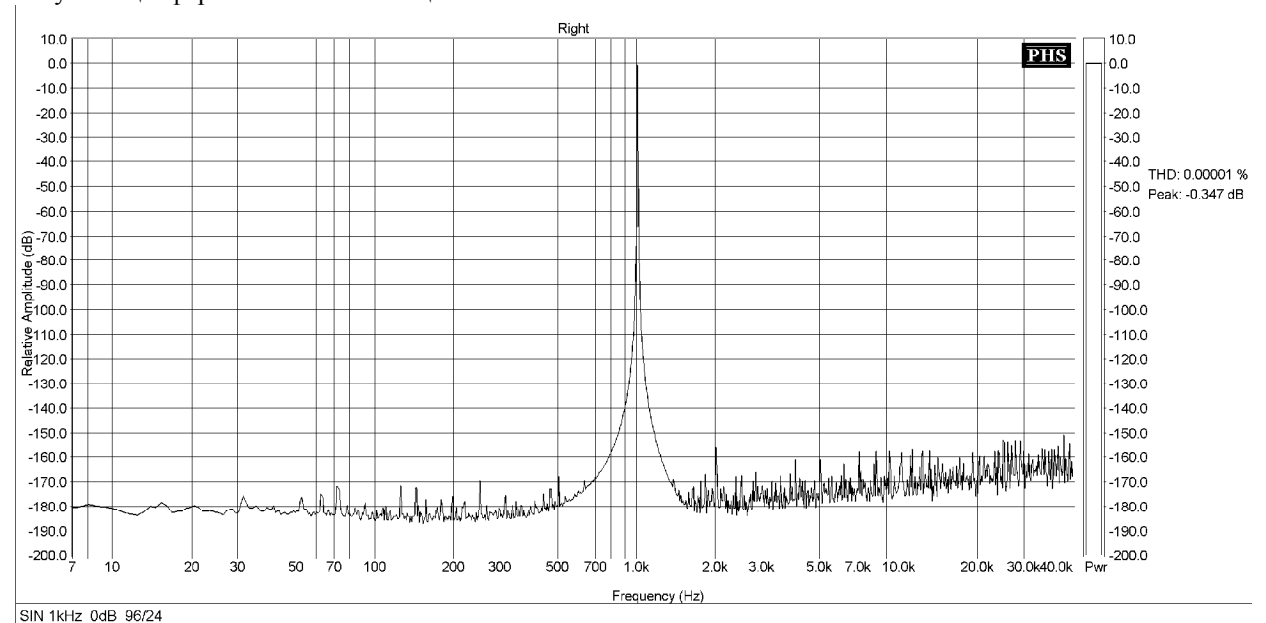
Спектры синтезированных сигналов на цифровых выходах:

Для ввода в компьютер при анализе сигналов использовался USB-интерфейс «Фламенко-Лайт», работающий по шине I2S в формате 96/24.

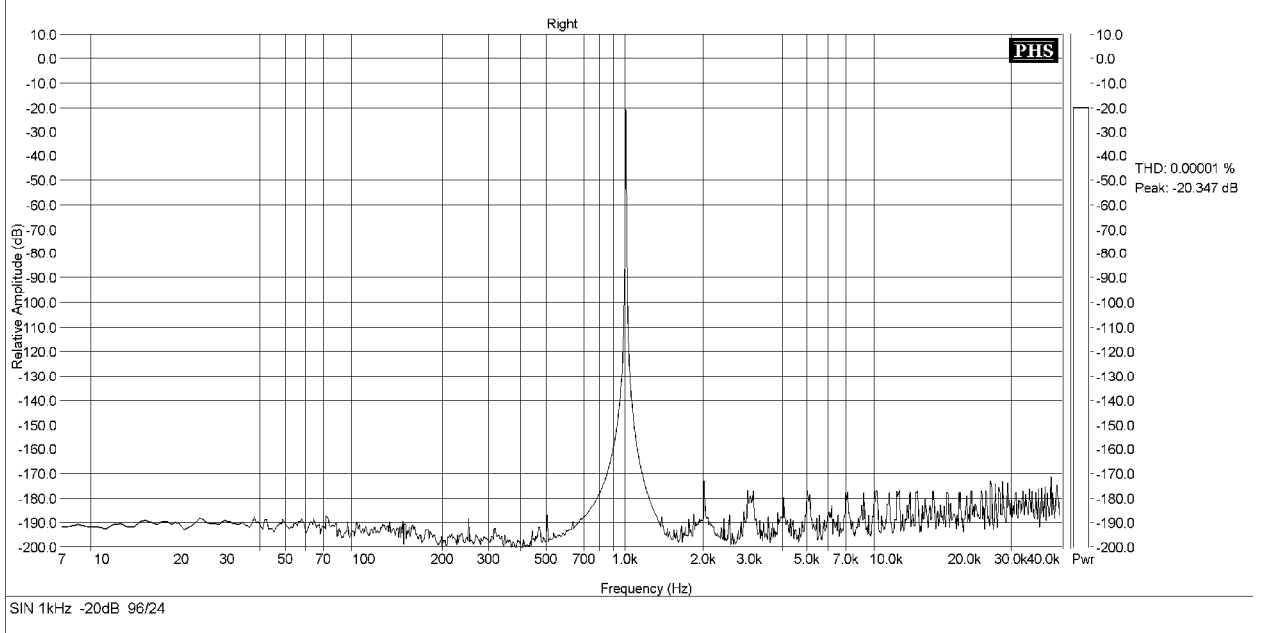
Синус 1кГц в формате 16 бит 96кГц:



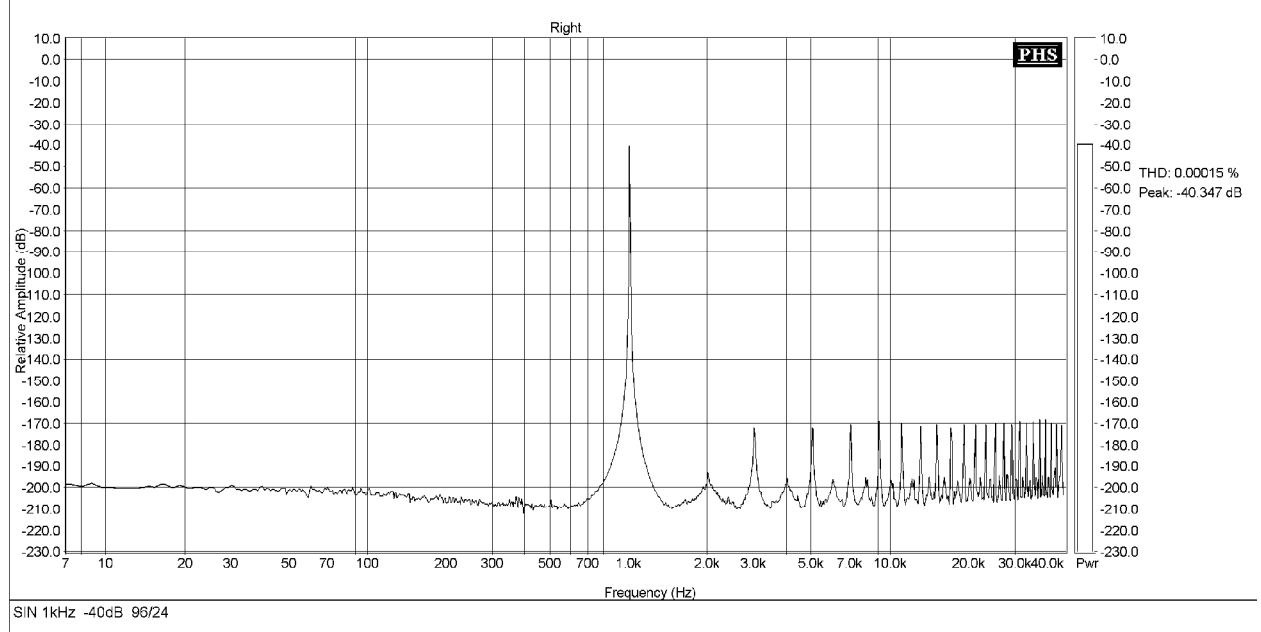
Синус 1кГц в формате 24 бита 96кГц:



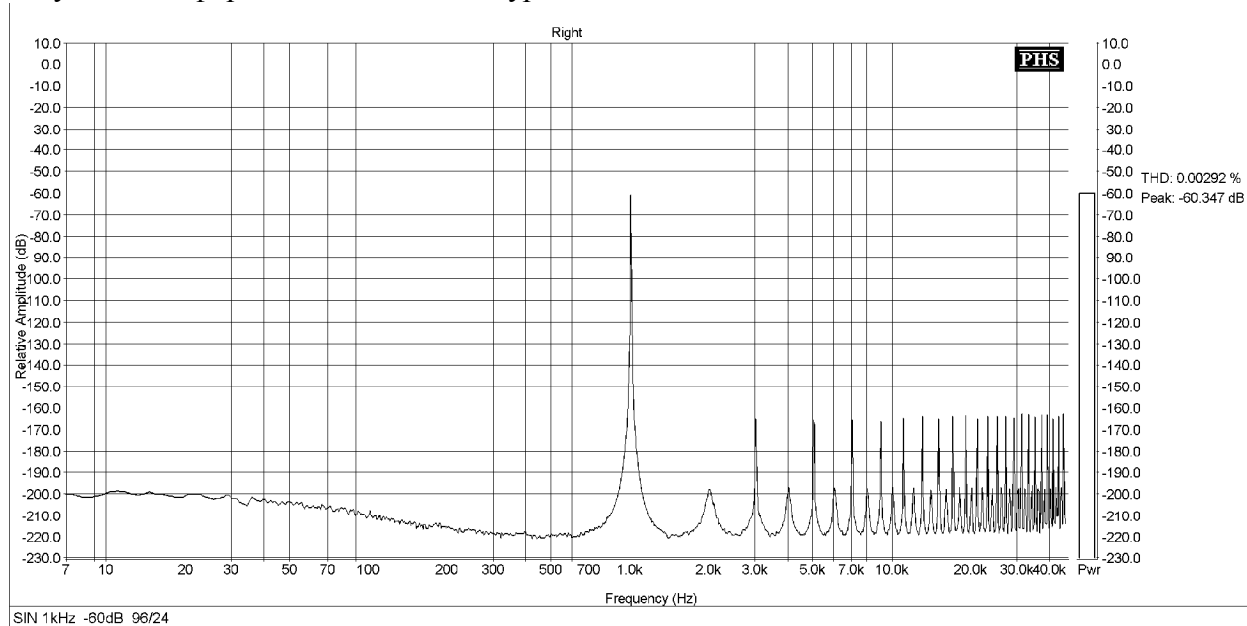
Синус 1кГц в формате 24 бит 96кГц, уровнем -20дБ:



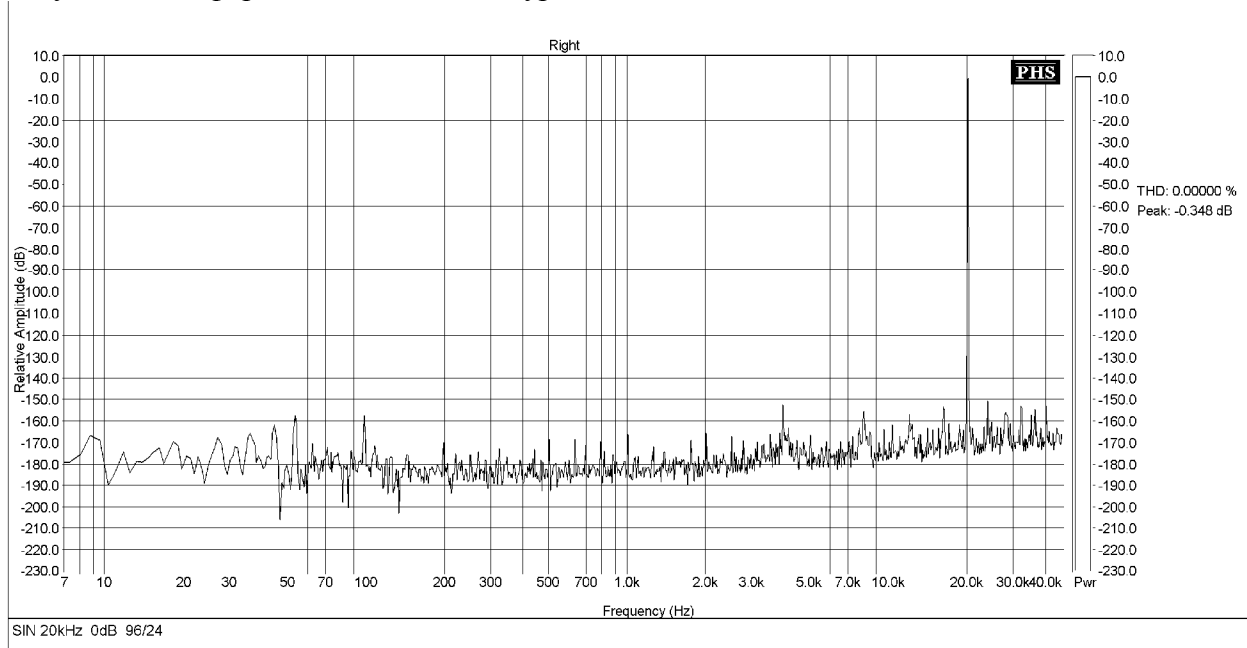
Синус 1кГц в формате 24 бит 96кГц, уровнем -40дБ:



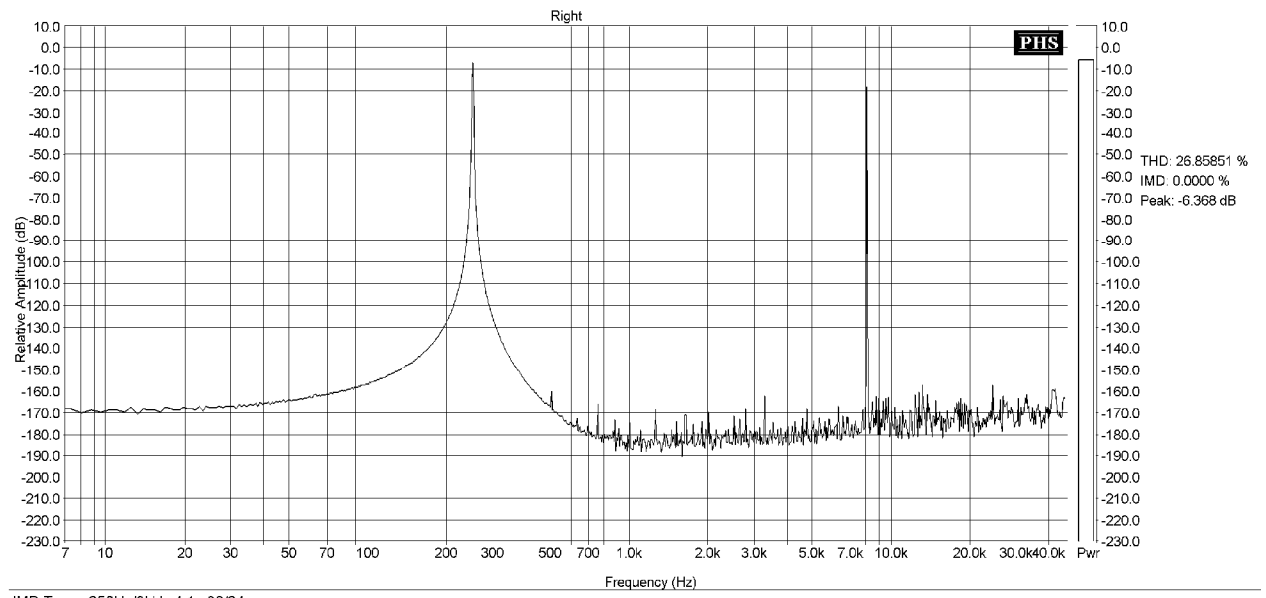
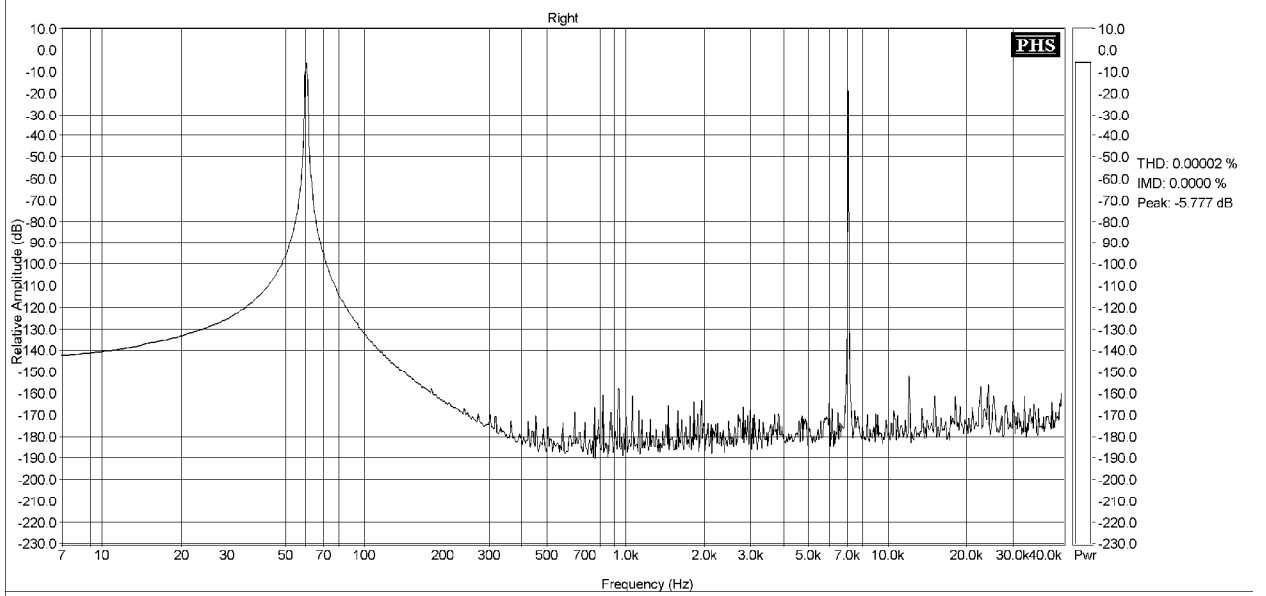
Синус 1кГц в формате 24 бит 96кГц, уровнем -60дБ:

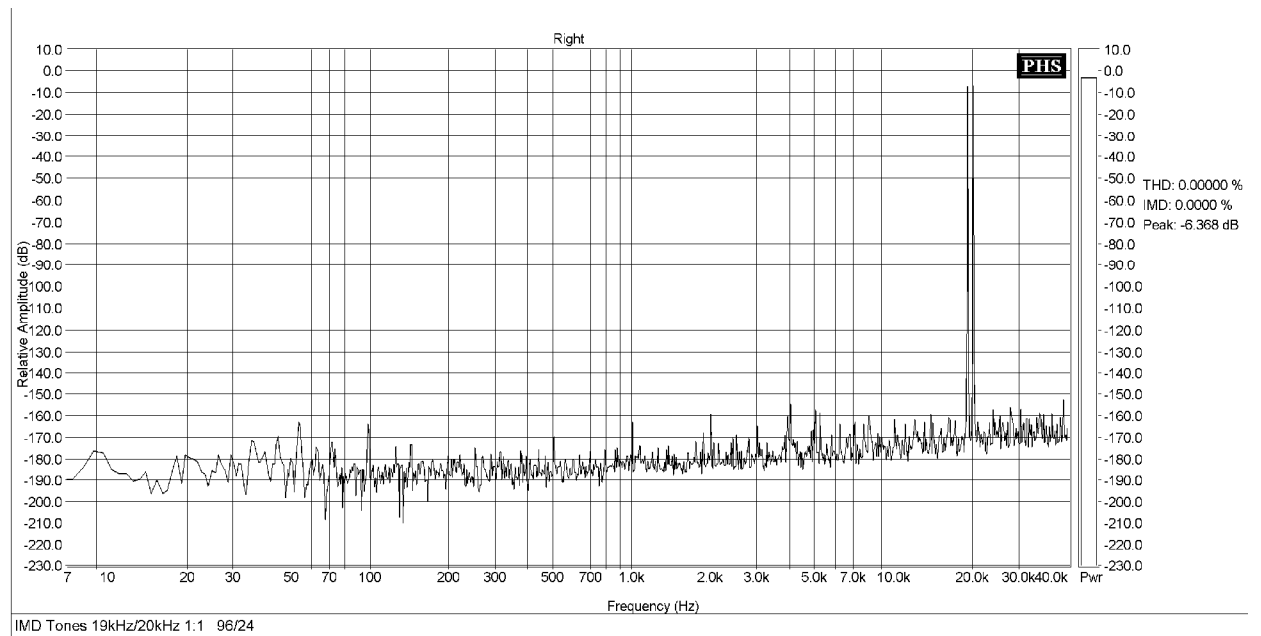
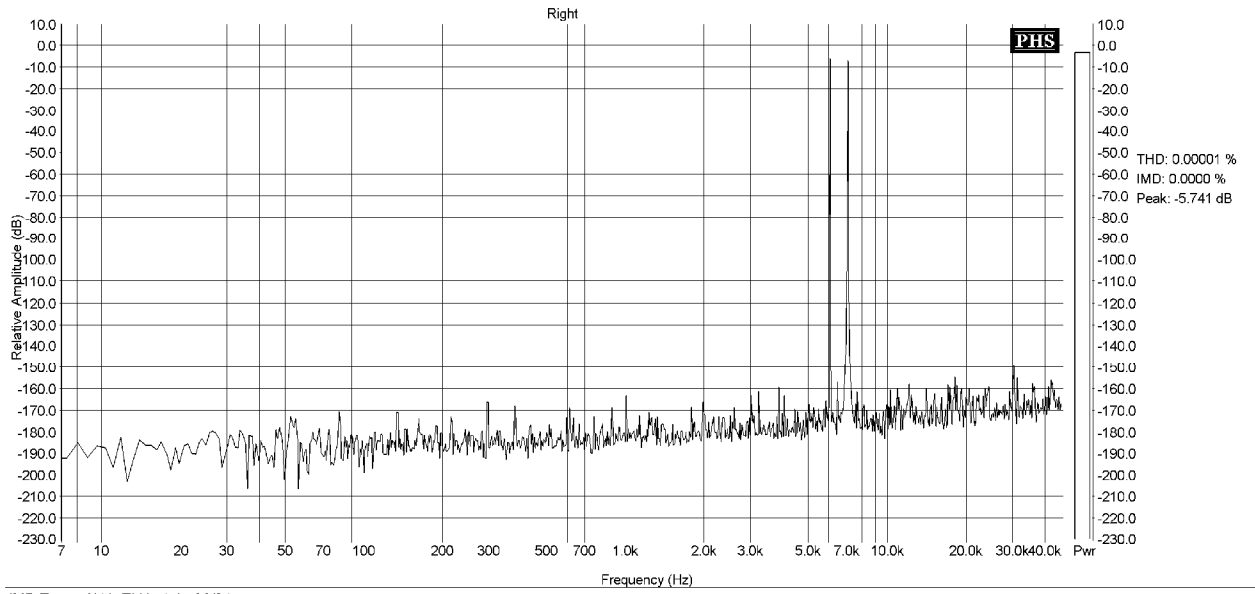


Синус 20кГц в формате 24 бит 96кГц, уровнем 0дБ:



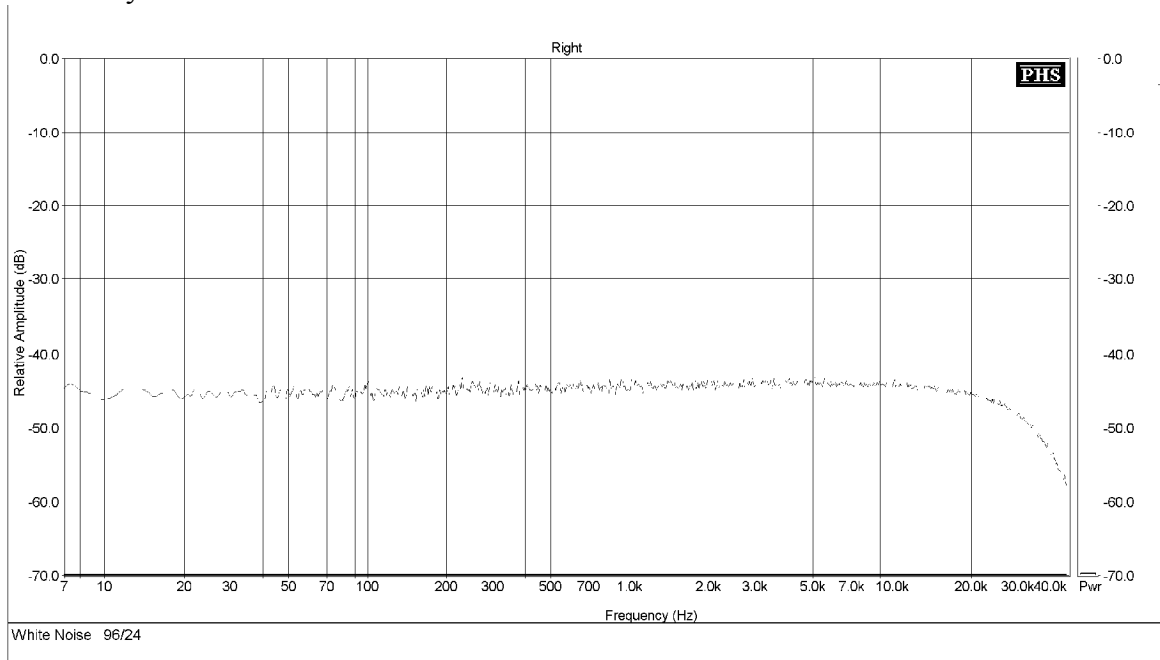
# Спектры IMD тестовых сигналов:



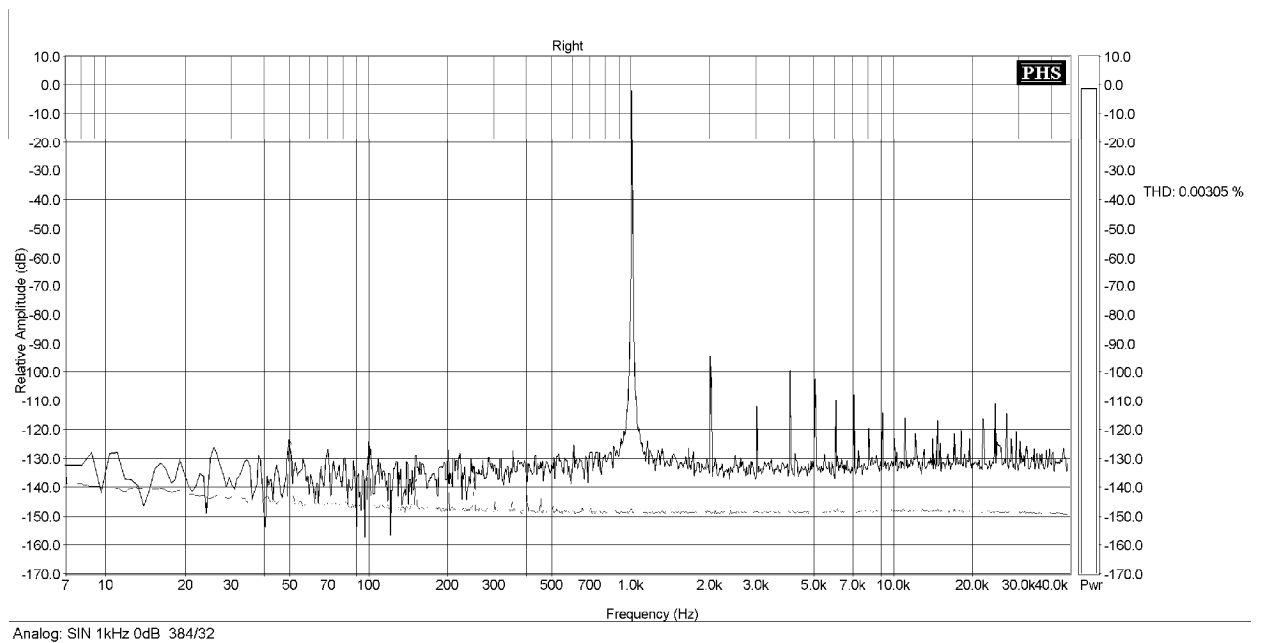


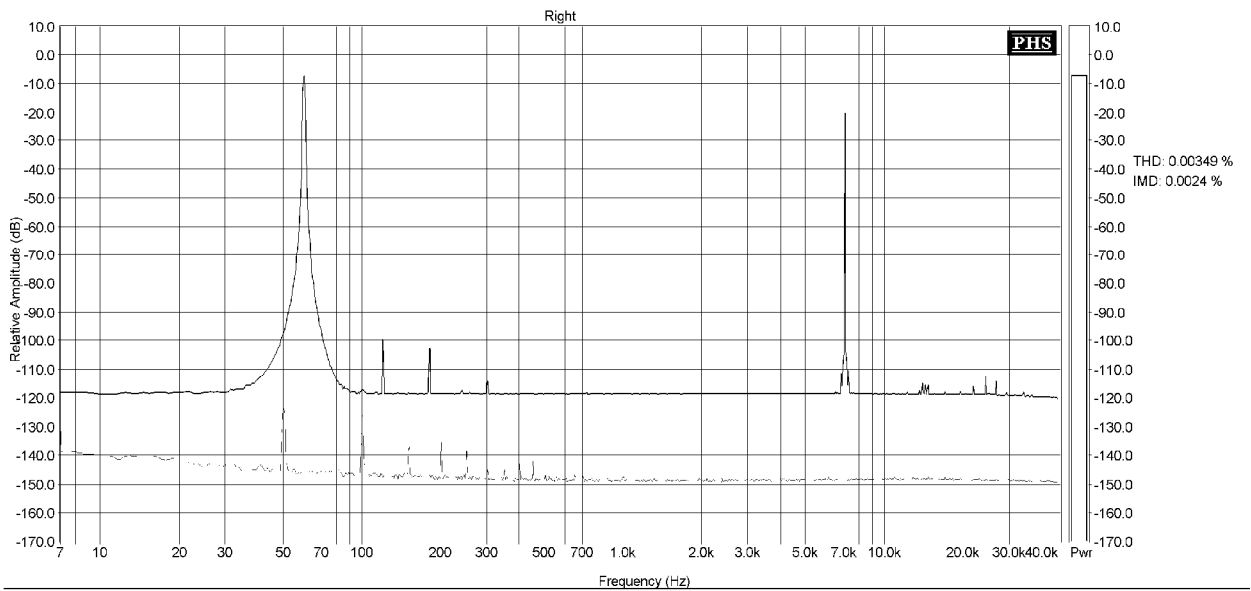


### Белый шум:

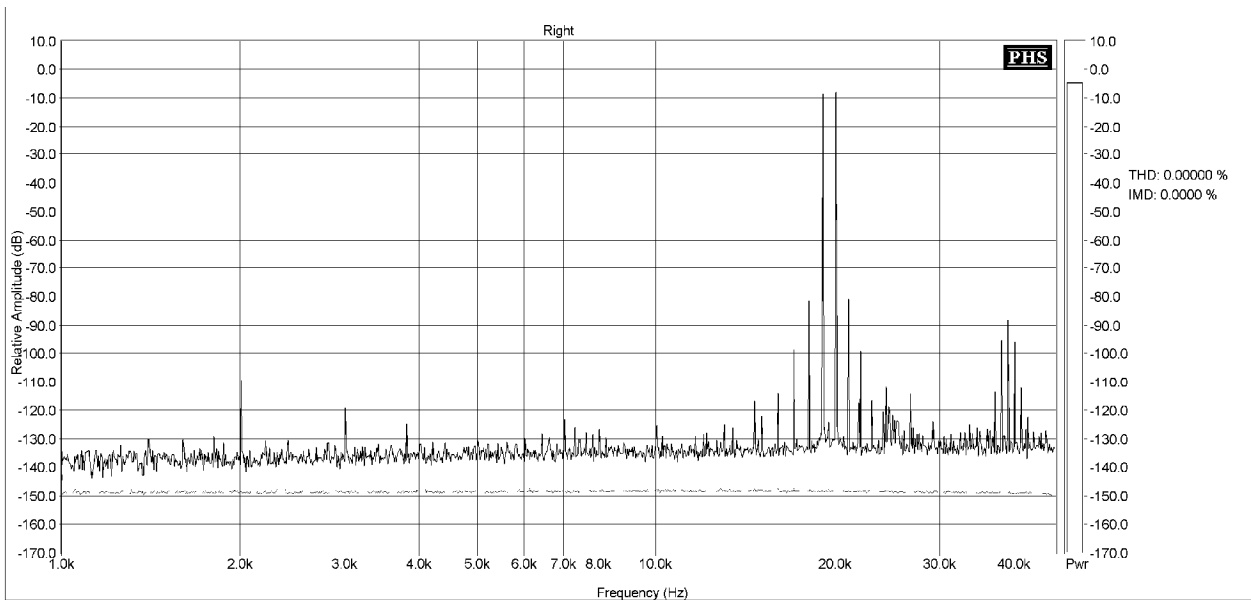


### Спектры синтезированных сигналов на аналоговых выходах:





Analog: IMD 60/7000 4:1 384/32



Analog: IMD 19k/20k 1:1 384/32

*Примечание: спектры сигналов на аналоговом выходе отражают суммарные искажения как цифро-аналогового преобразователя генератора, так и искажения использованного аналого-цифрового преобразователя. По возможности, спектры сигналов на аналоговых выходах будут измерены на более высококачественной измерительной установке.*

## 8.4 Сводная таблица параметров устройства.

Параметр	Значение
Формат выходов цифровой шины	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I2S (16, 24, 32bit)</li> <li>• Left Justify (16, 24, 32bit)</li> <li>• Right Justify24 (16, 24bit),</li> <li>• Right Justify16 (16bit)</li> </ul>
Формат цифровых выходов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SPDIF,</li> <li>• SPDIF_CMOS,</li> <li>• TOSLINK</li> </ul>
Уровень цифровых сигналов	SPDIF: 1.2v peak-peak @ 75 Ohm SPDIF_CMOS: 5V CMOS I2S/LJ/RJ: 3,3V CMOS EXT, SCALE: 3.3V CMOS (5V tolerant)
Частота цифровой шины	Fs: 44.1/48/88.2/96/176.4/192/352.8/384 kHz
Внутренний генератор	MCLK, при работе от внутреннего генератора: 22.5792/24.576 MHz Начальная точность: $\pm 1.5$ ppm Стабильность: $\pm 20$ ppm Phase Jitter (12кГц-20МГц) - <0.7ps Period Jitter @1000 cycles: 2ps p-p, 14ps rms
Внешний генератор	512Fs (22.5792/24,576 МГц) или 1024Fs (45,4584/49.152 МГц) 3-5V CMOS
Формы генерируемых сигналов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Синус</li> <li>2. 200мс пачки синуса TBD</li> <li>3. Треугольник</li> <li>4. Пила</li> <li>5. Прямоугольник</li> <li>6. Синус с переменной частотой (свип)</li> <li>7. Двойной тон (IMD)</li> <li>8. Белый шум</li> <li>9. Розовый шум</li> <li>10. Константа</li> <li>11. Цифровой ноль</li> </ol>
Частота генерируемых сигналов	Фиксированная: 0.1, 1, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 Гц, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 кГц.  Не фиксированная: 0.1-99999.9Гц; Шаг регулировки: 0.1 Гц
Коэффициент нелинейных искажений (КНИ, THD) синтезированного синуса	0.00001% @1000 Hz/0dB 0.00015% @1000 Hz/-40dB 0.003% @1000 Hz/-60dB 10000 Hz/0dB
Коэффициент интермодуляционных искажений (КИИ, IMD) синтезированных сигналов	Не измеряется @60/7000Гц 4:1., Не измеряется @250/8020Гц 4:1., Не измеряется @6000/7000Гц 1:1.:

Длительность фронта прямоугольного сигнала	1/Fs
Уровень аналоговых сигналов	Синус: 1.7 V <sub>rms</sub> (TBD) Треугольник, пила, прямоугольник: 4.8V p-p
Выходное сопротивление	500-600 Ом
Коэффициент нелинейных искажений (КНИ, THD) синуса на аналоговом выходе	0.003% @1000 Hz/0dB TBD @1000 Hz/-40dB TBD @10000 Hz/0dB
Коэффициент интермодуляционных искажений (КИИ, IMD) на аналоговом выходе	0.002% @60/7000Гц 4:1., 0.0025% @250/8020Гц 4:1., 0.0024% @6000/7000Гц 1:1.
Длительность фронта прямоугольного сигнала на аналоговом выходе	~5мкс
Скорость нарастания фронта прямоугольного сигнала на аналоговом выходе	1.14V/мкс
Размеры устройства в корпусе	205x130x45мм

## 9. Предполагаемые доработки в следующих версиях

HW – требуется доработка плат и схемы.

SW – требуется доработка программы.

- a) Не уверен, что есть смысл в двух аналоговых выходах (L и R), но поскольку на передней панели уже присутствуют оба, то один можно использовать для чего-то другого (см. пункты. c,d), возможно с переключением.
- b) Вывод DSD сигнала.  
Только один канал – SW, два стереоканала – SW+HW.
- c) Вывод аналогового прямоугольного сигнала с более крутыми фронтами, чем с аналоговых выходов сейчас – HW+SW.
- d) Встраивание дополнительного высокочастотного функционального генератора – SW+HW.

Дополнительный внешние устройства, подключаемые к разъему I2S (там есть 5в питание):

- e) гальваническая развязка,
- f) RS485,
- g) LVDS,
- h) фильтр гармоник.

## 10. Замечания

Приведенные эскизы и фотографии относятся к текущей версии прошивки. В более поздних версиях возможны небольшие отличия, описанные в соответствующих документах.