

ме моделирования специ- ально не показана. Действи- тельно, зачем она нужна, если «нажимать» на нее не планируется?

R5, VD5, DD1 - полно- стью эквивалентны элемен- там, соответственно, RRES, VD1, DD1 на *рис.4* («PX» 2/ 2010). Это «внутренности» МК.

Аналоговая линия задержки A1, показанная на схеме *рис.4*, для простоты отсутствует, поскольку в даташитах на МК для нее указывается время примерно 500 нс, чем можно пренебре- реть. Есть еще один веский аргумент в пользу отсутствия ли- нии задержки A1. Если ее установить, то резко увеличивается время моделирования процессов.

R6 - как ни парадоксально, замещает кварцевый резона- тор ZQ1 и конденсаторы C1, C2 на схеме *рис.29*. Дело в том, что резонатор определяет частоту генерации МК 12 МГц, а по ней на графике «Active Supply Current vs. Frequency (1-20 MHz)» из даташита можно определить ток потребления МК в актив- ном режиме. Если по закону Ома рассчитать сопротивление для тока 15 мА (ATmega8) при напряжении 5 В, то как раз и получится номинал резистора R6 333 Ом.

Моделирование работы устройства начинается с нажа- тия клавиш <Alt+1> и заполнения экрана согласно *рис.34*. Эк- ранной кнопкой «Запустить» производится собственно моде- лирование, результат которого показан на *рис.35*. Как видно, при указанных на схеме номиналах элементов произойдет сброс МК при перерывах в питании 40 и более миллисекунд.

Табл.6

МК	I, mA	График	Даташит
ATmega48	7	Fig. 29-2	http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2545.pdf
ATmega48A	5,8	Fig. 29-2	http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf
ATmega8	15	Fig. 119	http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf
ATmega8A	8,5	Fig. 26-2	http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8159.pdf

Способы устранения аварийного сброса.

1) Увеличить емкости конденсаторов C1, C2 (*рис.30*) соот- ветственно до 1000 мкФ и 470 мкФ. Небольшой нюанс. Общая емкость конденсаторов, включенных на выходе DA1, должна быть, по крайней мере, меньше емкости конденсатора C1, иначе между выводами 1 и 2 микросхемы DA1 следует устано- вить защитный диод 1N4001 катодом к конденсатору C1.

2) Повысить напряжение на вторичной обмотке сетевого трансформатора T1, при этом возможно придется заменить микросхему DA1 более мощной, например, из семейства 78M05.

3) Снизить ток потребления «Блока управления», в частно- сти, заменой биполярных транзисторов полевыми, примене- нием КМОП-микросхем и т.д.

4) Перейти на более экономичный по току потребления МК, руководствуясь данными из *табл.6*.

После внесения изменений необходимо еще раз провести моделирование, причем проверить работоспособность не толь- ко при номинальном сетевом напряжении 220 В, но и при по- низенном до 187 В.

(Продолжение следует)

Компьютер, USB и акустика

Александр Торрес, г. Нетания

После публикации первого варианта USB звуковой карты для акустических измерений [1] по опыту эксплуатации были выявлены следующие моменты:

1. Несмотря на использование операционных усилителей с относительно большим выходным током, для корректных из- мерений этого тока не всегда достаточно. Выходное напряже- ние бывает, что «просаживается» в минимуме импеданса.

2. Выходное напряжение, получаемое при коэффициенте усиления этих усилителей, равном двум, не всегда достаточ- но для измерения частотной характеристики акустических сис- тем в дальнем поле. Измерение параметров Тилля-Смолла (далее Т/С) также лучше проводить при большем токе.

3. Применение DC/DC конвертера для получения отрица- тельного напряжения питания ОУ при его не очень тщатель- ном изготовлении (трассировке платы, монтаже) повышает уровень помех при измерениях. К тому же, многие почему-то столкнулись с трудностями в приобретении микросхемы MC34063, хотя она весьма и весьма распространенная.

4. Проведение измерений двухканальным методом компен- сирует почти все частотно-фазовые искажения в разделитель- ных конденсаторах, поэтому можно применить ОУ в схеме с однополярным питанием и избавиться от конвертера.

5. Наличие потенциометра регулировки чувствительности входов полезно при измерениях АЧХ, но очень мешает при измерениях импеданса, заставляя заново производить калиб- ровку при смене положения потенциометра.

6. Атенюатор 1:10 на входе нужен достаточно редко, его вполне заменяет плавная регулировка потенциометром.

7. Усиление 1:1 на входе нужно чаще, чем аттенюатор, но и без него вполне можно обойтись. Особенно, если выходное напряжение, подаваемое на акустические системы, при изме- рениях АЧХ будет выше.

8. Из опыта многих, повторивших схему [1] полностью или частично, - в основном все ограничиваются измерениями им- педанса (Т/С) и АЧХ (SPL). Следовательно, редко кто исполь- зует отдельно два выхода и два входа. Обычно используют один вход и один выход, Второй вход при этом подключен к

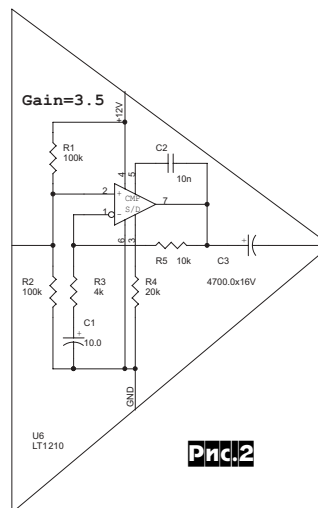
выходу для референса. Входы/выходы SPDIF также мало кто использует.

Исходя из этого, мной был разработан второй (несколько упрощенный) вариант (*рис.1*) этого устройств, с полностью однополярным питанием от 12-вольтового аккумулятора или сетевого блока питания.

Выходной усилитель (на *рис.1* он показан условно треу- гольником) одноканальный, выполнен на мощном (с током до 1 А) операционном усилителе Linear Technology LT1210 (*рис.2*) в корпусе TO-200, установленном на небольшом радиаторе.

При отсутствии LT1210 можно использовать какой-нибудь другой усилитель с однополярным 12-вольтовым питанием соответствующей мощности (например, на AD815, ТРА6120, ОРА564, или маломощный операционник + выходные транзис- торы). Здесь ваша фантазия абсолютно неограниченна. Же- лательно, чтобы он имел защиту от короткого замыкания на

выходе. Коэффициент уси- ления выбран 3,5 - это опти- мально для получения необ- ходимого тока в динамиках при измерении Т/С, доста- точной громкости при изме- рениях SPL, и при этом нет перегрузки усилителя как по напряжению, так и по току даже при «провале» импе- данса до 1-2 Ом. Выходное напряжение, соответствующее 0 дБ, около 2,5 VRMS. При использовании усилите- ля с другим коэффициентом усиления может потребо- ваться изменить соотноше- ние делителей R10R12, R11, R13. У некоторых усилителей существует минимальный Ку, поэтому из соображений



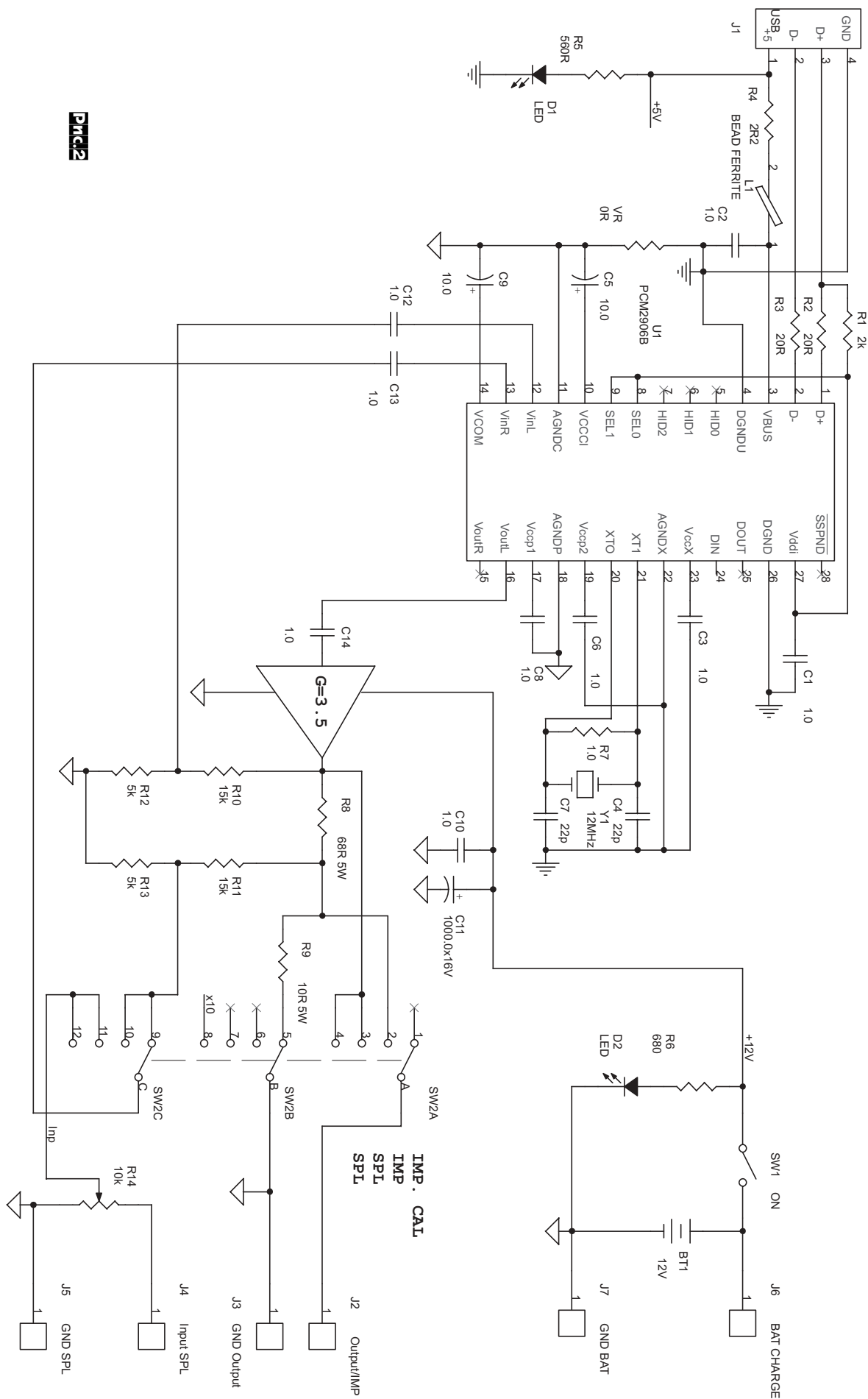


Рис. 2

ИЗМЕРЕНИЯ

устойчивости в этом случае следует установить на входе делитель напряжения так, чтобы общий Ку был равен примерно 3,5.

Количество переключателей и регулировок сведено к минимуму, теперь это потенциометр регулировки чувствительности (при измерениях SPL) и переключатель режима измерений. Переключатель должен иметь 3 направления и 3 положения.

На схеме показан переключатель на 4 положения (просто у меня такой был), при этом два нижних положения тождественны (хотя и это можно использовать с пользой, о чем будет сказано ниже). Положения переключателя в этом варианте: IMP.CAL/IMP/SPL/SPL.

На вход левого канала всегда подается сигнал обратной связи с делителя R10R12. На вход правого канала в зависимости от положения переключателя подается или (в режиме измерения импеданса и калибровки) напряжение на нагрузке (т.е. за последовательным резистором R8) с делителя R11R13, или (при измерении SPL) - сигнал с измерительного микрофона через регулятор R14.

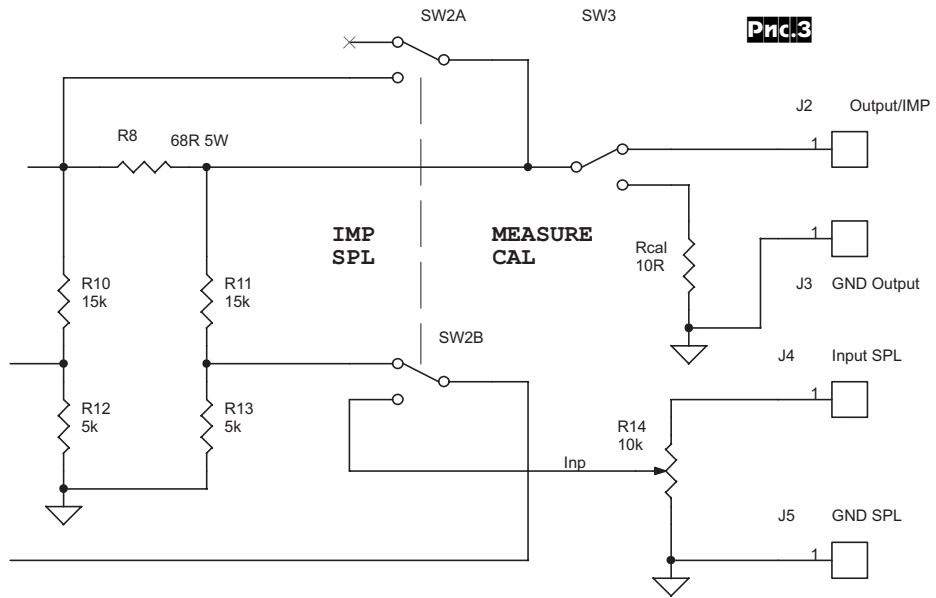
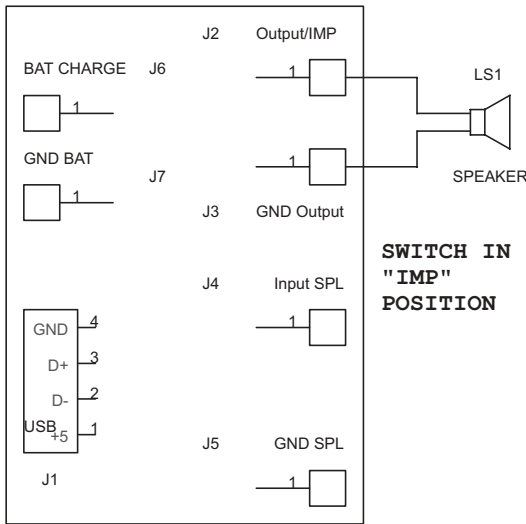
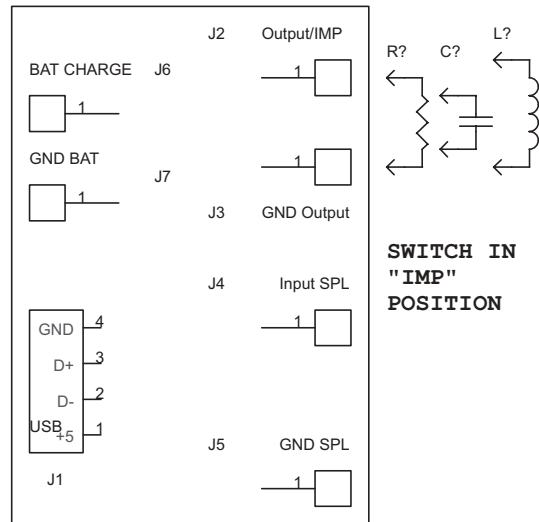


Рис.3



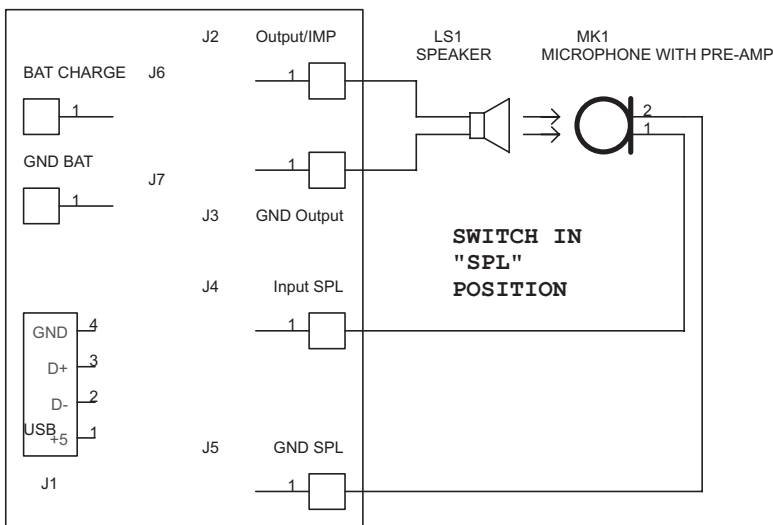
IMPEDANCE MEASUREMENT

Рис.4



LCR MEASUREMENT

Рис.5



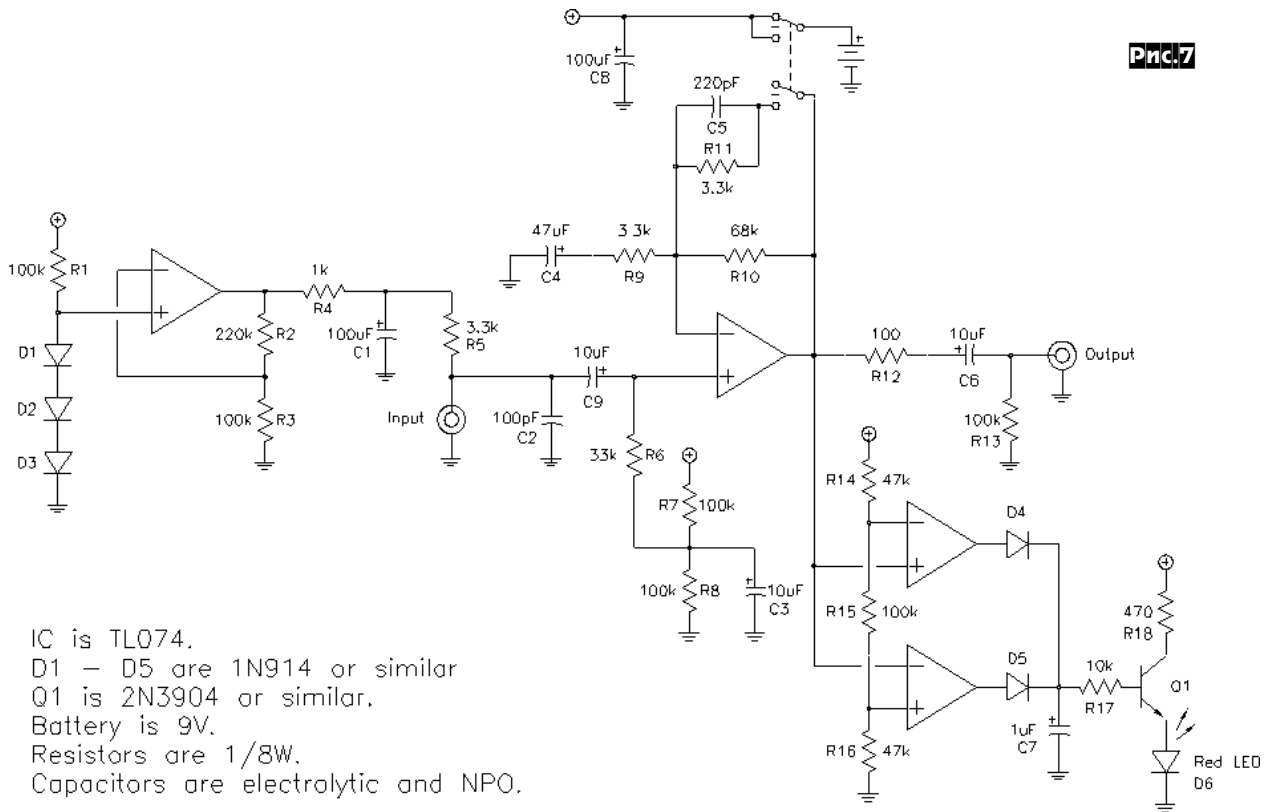
FREQUENCY RESPONSE (SPL) MEASUREMENT

Рис.6

Выход усилителя подключается к динамику напрямую, при измерении SPL или через последовательный резистор R8 при измерении импеданса. При калибровке выход нагружается резистором R9, а выход на динамик J2 отключен (это избавляет от необходимости отключать динамик для калибровки, как это было сделано у меня в более ранних версиях).

Возможно использование переключателя на 2 направления и два положения (рис.3 - при этом выбрасывается среднее по схеме направление, и верхнее по схеме положение, а также R9), режимов всего два - IMP и SPL. Калибровка включается переключателем SW3, при его отсутствии это придется делать в режиме IMP, подключая внешний резистор (который как обычно, в нужный момент, конечно же, находится под рукой ☺).

Сопротивление последовательного и калибровочного резисторов, соответственно, 68 и 10 Ом (желательно чтобы это были безиндуктивные резисторы). При отсутствии резисторов такого номинала можно использовать ближайшие имеющиеся, главное - не забыть ввести в программу измерений (при калибровке) их истинные значения. Использовать резисторы мощностью менее 3-5 Вт



нежелательно из-за их саморазогрева при длительной работе и небольшого ухода сопротивления, что снижает точность измерений. Некоторые источники говорят даже об использовании резисторов мощностью 10 Вт и больше, но мое мнение, что 3-5 Вт вполне достаточно.

В положении переключателя IMP производится измерение импеданса акустических систем, измерение параметров T/C, а также параметров пассивных компонентов (LCR-meter). Схема подключения показана на **рис. 4** и **рис. 5**.

Калибровка в положении IMP.CAL производится один раз, а далее повторяется время от времени, чтобы быть уверенным, что ничего не нарушилось.

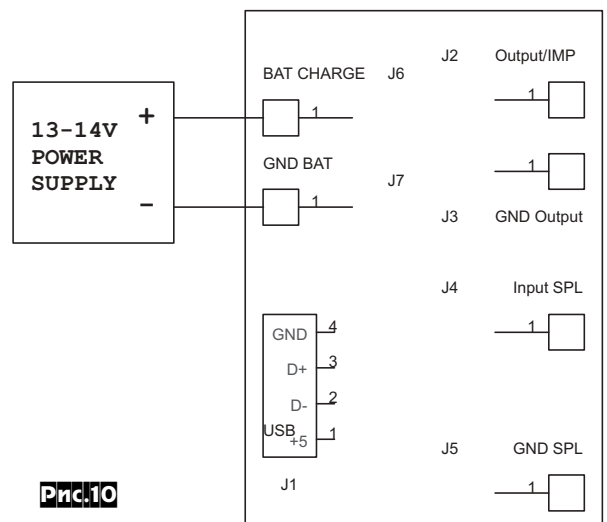
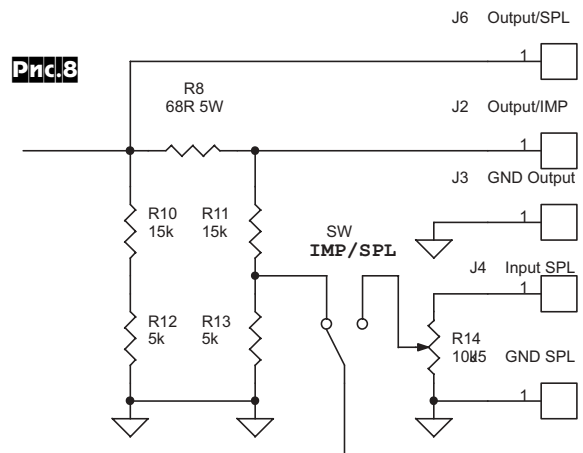
Измерение частотных характеристик акустических систем производится в положении SPL переключателя режимов. Схема измерения - **рис. 6**.

Ко входу устройства нужно подключить измерительный микрофон с предусилителем. Обычно такие микрофоны имеют собственный источник питания (чаще всего это 9 В «Крона»), но, разумеется, если в кабеле микрофона есть лишний провод, можно питать микрофон и от устройства (напрямую от 12 В или же установив 9-вольтовый стабилизатор 78L09 или подобный). Неплохую схему активного микрофона можно найти в [2], **рис. 7**.

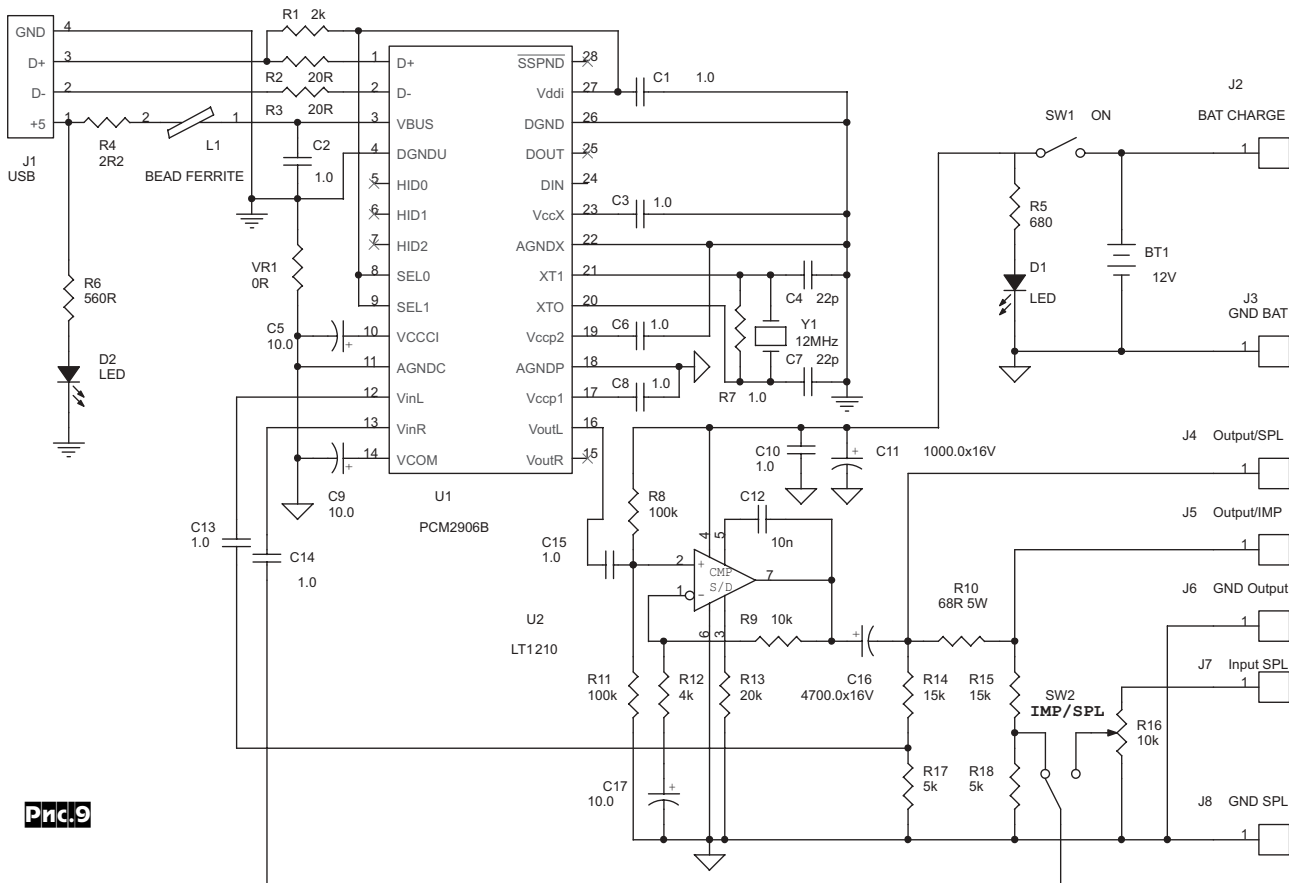
Разумеется, можно производить исследования частотных и иных характеристик и другой аппаратуры, не обязательно только акустических систем, подключив DUT (Device Under Test - исследуемый прибор) между входом и выходом устройства.

В заключение, самый простой вариант коммутации одним переключателем показан на **рис. 8**. Его особенность в том, что исключен переключатель, замыкающий токовый резистор R8, а вместо этого просто использовано две разные выходные клеммы - одна для измерения импеданса и LCR, и вторая - для измерения SPL. Кроме экономии на переключателях, эта схема также позволяет избавиться от погрешностей, вызванных собственным сопротивлением контактов переключателя. Для удобства на **рис. 9** (см. с.50) показана полная схема наиболее простого варианта.

Само устройство удобнее всего выполнить в виде отдельной коробочки, с 12 В аккумулятором внутри. Вы, конечно, можете использовать хоть автомобильный аккумулятор, но вполне достаточно и обычных «якобы герметичных» SLA аккумуляторов от UPS-ов и им подобных, емкостью 3-7 А·ч. Бо-



INTERNAL BATTERY CHARGING



Prnc.9

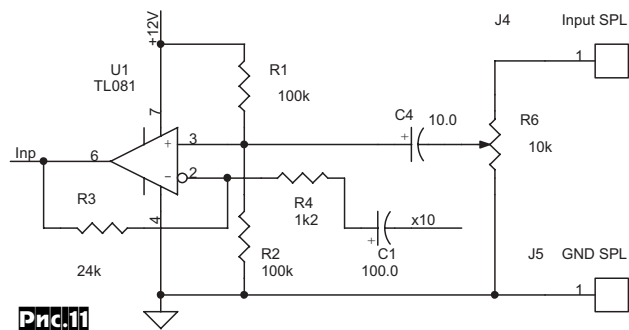
лее ёмкие аккумуляторы будут неудобны из-за своих массогабаритных показателей, а с менее ёмким вы рискуете, что он «сядет» именно «в тот самый момент», когда вам просто необходимо будет провести измерения «здесь и сейчас».

Для зарядки аккумулятора внутри коробочки желательно предусмотреть отдельные клеммы, чтобы каждый раз его не вытаскивать - **рис. 10**.

Как я говорил выше, если у кого-то окажется переключатель на 3 направления и на 4 положения (как оказался у меня), и ему захочется сделать усилитель на входе SPL, четвертое положение использовать для коммутации коэффициента усиления - **рис. 11**. Вместо TL081 можно использовать любой ОУ общего применения, допускающий работу при 12 В (± 6 В) питания.

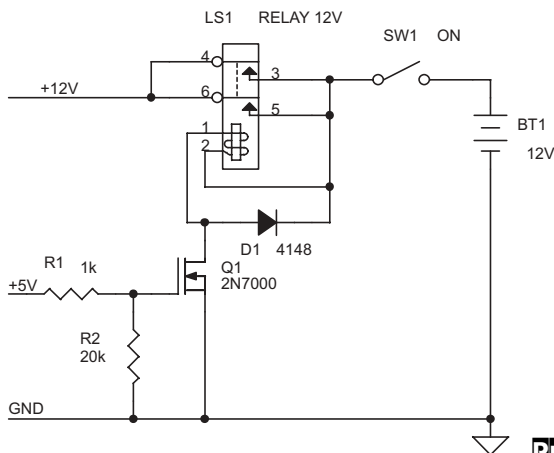
Если вы не используете дополнительный входной усилитель, то при выключенном выключателем SW1 аккумуляторе (или его отсутствии) но подключенном компьютере - в положении SPL переключателя режимов работы, устройство может быть использовано для ввода.

Учитывая, что при подключенном аккумуляторе и не под-

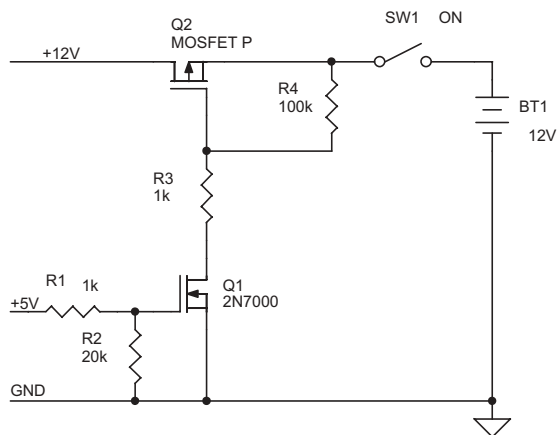


Prnc.11

ключенном компьютере, устройство практически бесполезно, может оказаться целесообразным дополнить его схемой коммутации питания - **рис. 12**. В этом случае схема будет запитана от аккумулятора только если устройство подсоединено к компьютеру (присутствует +5V USB) и одновременно включен SW1. Показано два варианта - с 12-вольтовым реле и с р-



Prnc.12



канальным мосфетом, тут как кому проще и удобнее.

Основное применение устройства - работа с программами SpectraLab (SpectraPlus, SpectraRTA, LoudspeakersLAB, LSPCad (JustMLS), ARTA. Нужно отметить, что хотя в многочисленных публикациях (например [3]) и рекомендациях используют в качестве «обратного» (или «референсного») канала правый, а измерительный канал - левый, в данном устройстве сделано всё наоборот. Выход левого канала после усилителя подается на левый же вход, как референс, а измерительным является правый канал. Сделано это потому, что в некоторых программах используется именно такое соединение, и нет возможности его изменить. В большинстве же других программ, даже если референс на левом канале и не является для них дефолтным, то есть возможность поменять какой канал как используется (настраивается в сетапе). Неплохое описание работы с программами можно найти на сайте «Серого Хомячка» [4],

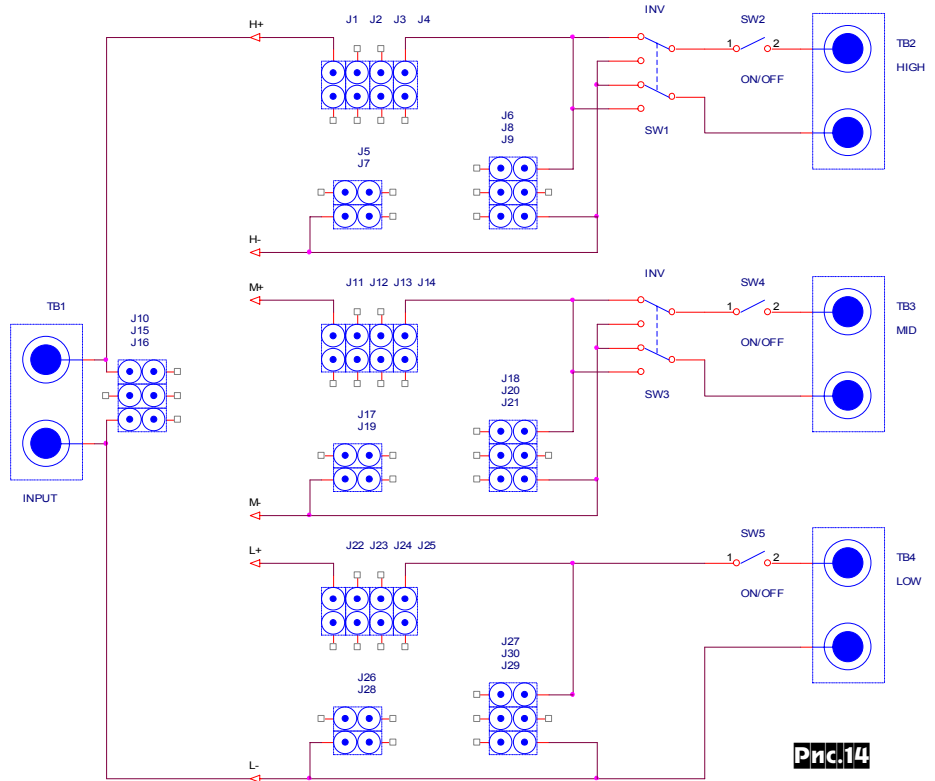


Рис.14

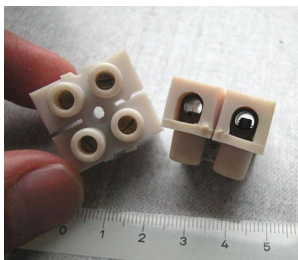


Рис.13



статье «ПАРАМЕТРЫ ТИЭЛЕ-СМОЛЛА - ПОЖАЛУЙСТА» на Блюзмоби́ле ([5]), форуме «Vegalab» [6] и многих других местах.

Как уже было не раз сказано (см. [1]), основным назначением данного устройства является проведение акустических измерений (для измерения усилителей нужна «звуковая карта» с большей разрядностью и меньшими шумами, чем это обеспечивает РСМ2906), далее рассмотрим одно приспособление (часто такие приспособления называют Jig - зажим, крепёж, оснастка), существенно облегчающее процесс настройки

акустических систем, а конкретно - кроссоверов.

Процесс создания более чем однополосной акустической системы заключается не только в выборе динамиков, выборе и расчете акустического оформления, но и расчете и настройке фильтров (кроссоверов). Несмотря на наличие разнообразных симуляторов и других программ расчета, любые расчеты кроссоверов не могут считаться окончательными. Заключительный этап - это всегда измерения, а затем прослушивание. И, как правило, кроссовер всегда корректируется.

Делать это, когда кроссовер уже собран «в боевом виде», не очень удобно, поэтому чаще всего просто соединяют

детали кроссовера, лежащие на столе или на полу между собой проводами. Удобно использовать провода с «крокодилами», «люстровые контактные колодки» (luster terminals), или специальные защелкивающиеся соединители (выпускаются Wago и другими), рис. 13..

Самое удобное - специальный «станок» с кучей переключателей и регуляторов, позволяющий крутить элементы кроссовера «на ходу». Хочу представить вашему вниманию свой вариант рис. 14. Я собрал этот Jig в деревянной коробочке размером чуть меньше листа формата А4. Сверху установлены клеммы для подключения усилителя (TB1) и динамиков (TB2, TB3, TB4), а также «люстровые соединители» (luster terminals) установлено достаточное количество для горизонтальных и вертикальных (по схеме) элементов фильтров, цепочек Цобеля и L-Pad. При помощи SW2, SW4, SW5 можно отключать соответственно твиттер, среднечастотник и вуфер, а переключателями SW1 и SW2 инвертировать полярность твиттера и среднечастотного звена.

Детали кроссовера размещаются сверху и подсоединяются к клеммам люстровых соединителей. Соединения между элементами схемы выполняются проводами, при этом некоторые соединения которые постоянны, я сделал внутри коробки,

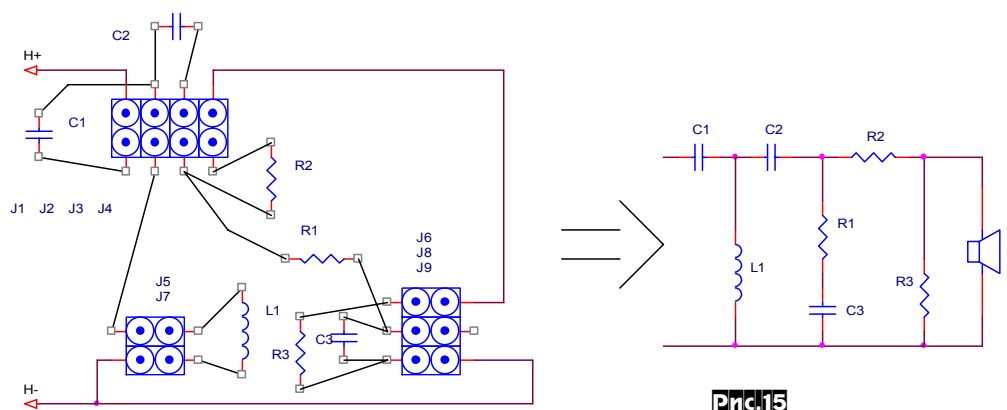


Рис.15

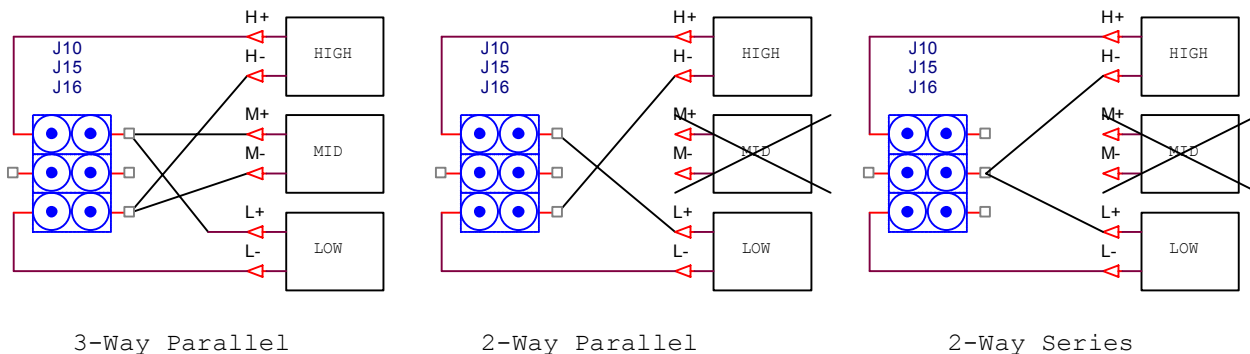


Рис.16

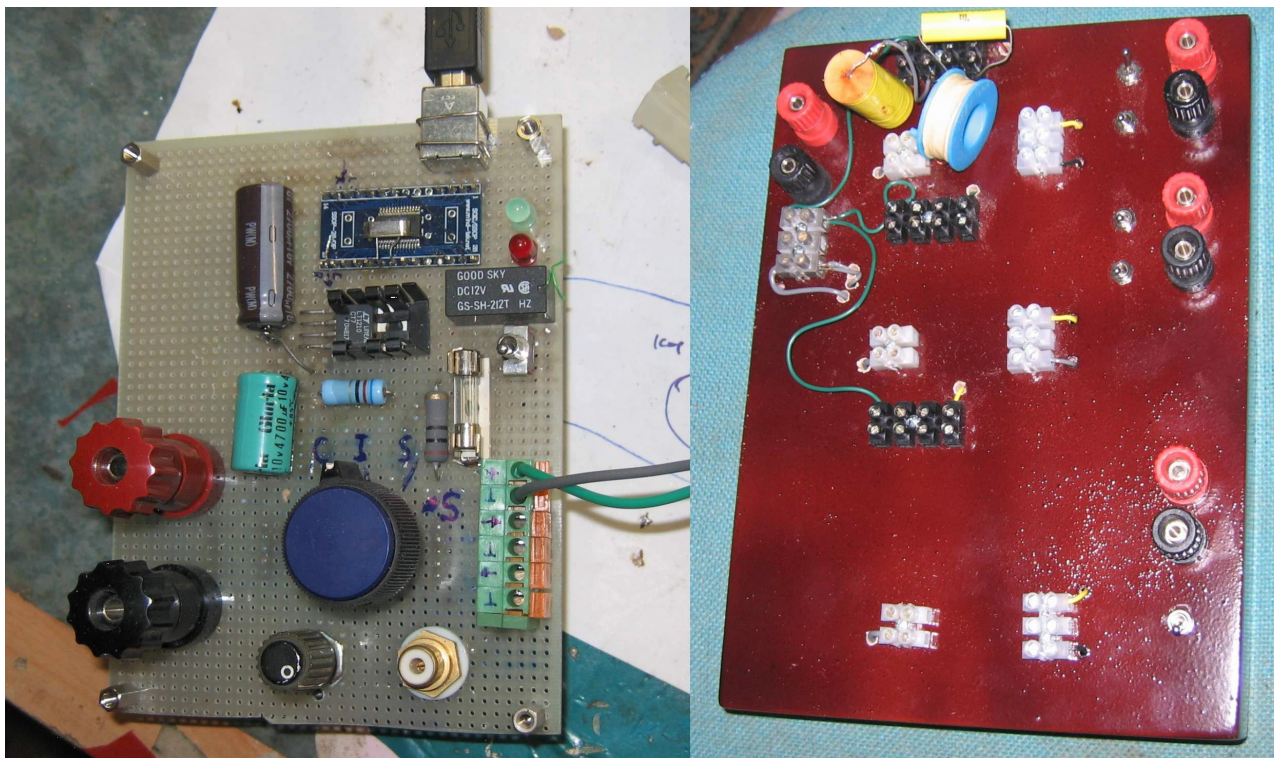


Рис.17

а те которые могут меняться - сверху. На **рис. 15** показан пример сборки ВЧ фильтра 3-го порядка с Цобелем и L-рад'ом.

Вариант расположения следует выбирать исходя не только их схемы соединений, но и из размеров элементов - чтобы их было удобно располагать на верхней поверхности приспособления. Но если не помещается, можно конечно и рядом.

Как видите, этот Jig сделан как бы для 3-полосного кроссовера, для 2-полосного просто его часть не используется, а для 4-полосного - придется добавлять навесным монтажом.

Обратите внимание на соединитель J10J15J16 - его верхняя (J10) и нижняя (J16) клеммы постоянно соединены с плюсом и минусом входа (ТВ1) а также соответственно с плюсом ВЧ и минусом НЧ фильтров. Эти соединения коммутировать, скорее всего, не придется. А дополнительные соединения выполняются проводами сверху. Средняя клемма (J15) служит для удобства работы с кроссоверами последовательного типа.

Некоторые варианты коммутации показаны на **рис. 16**. Хочу сразу отметить - это один конкретный вариант конструкции. Выбор размеров коробочки, число контактов в «люстрах», дополнительные переключатели и т.п. - все на ваш выбор. Но помните, сделать универсально на всю жизнь не получится, вы всегда рано или поздно столкнетесь с ситуацией, когда чего-то не хватит - места на коробке, расстояния между «люстрами», количества клемм и т.п. Я не советую сильно увеличивать размер коробочки, будет неудобно работать, но если ваша коробочка достаточно большого размера, то поставьте пона-

чалу примерно такое же как у меня количество «люстр». Далее, в процессе работы, если будет их не хватать, просто сверлите дырочку и ставьте еще одну «люстру», затем еще одну и т.д. Оптимум придет со временем, **рис. 17**.

Литература и ссылки:

- [1] ж. «Радиолюбби», №2 2007, с. 39. А. Торрес, USB звуковая карта для акустических измерений.
- [2] http://mysite.verizon.net/tammie_eric/audio/preamp/preamp.html
- [3] http://www.fesb.hr/~mateljan/arta/AppNotes/AP1_MeasuringBox-Rev4Eng.pdf - ARTA Measurement BOX
- [4] «Серый Хомячок и его поделки» <http://cxo.lv/>
- [5] <http://www.bluesmobil.ru/shikhman/arts/box.htm>
- [6] Сайт и форум «Vegalab»: <http://www.vegalab.ru>