

USB звуковая карта для акустических измерений.

Александр Торрес, Нетания.

Применение компьютеров широко распространено в настоящее время для снятия параметров динамиков (параметры Тилля-Смолла), для измерения АЧХ акустических систем, усилителей и т.п. Используется звуковая карта, точнее ее АЦП/ЦАП, совместно с различными программами (Speaker Workshop, LSP-Cad, Loudspeaker CAD, MLS, etc.). Очень часто рекомендуют изготовить для этой цели т.н. "коробочку", которая представляет собой схему из нескольких резисторов и переключателей. При испытаниях динамиков также желательно использовать дополнительный усилитель, т.к. мощности линейного выхода большинства звуковых карт для этого недостаточно. В качестве входа – лучше использовать линейный вход, а не микрофонный, т.к. последний не обладает требуемым качеством. А при измерении АЧХ колонок микрофоном – использовать отдельный предусилитель. Для многих, получается довольно сложным делом настроить всю эту систему, т.е. положение регуляторов выхода/входов ("микшер"), к тому же - бывает так, что в аудиокарте нет линейного входа, а есть только микрофонный (например, во многих ноутбуках). Ну и немалое значение имеет безопасность – "в случае чего", заменить буферный операционник (ОУ) или даже основную микросхему в данном устройстве несколько легче (и дешевле), чем менять/чинить звуковую карту, особенно интегрированную на материнке десктопа, а тем более ноутбука.

Для "упрощения процесса", и преодоления проблемы ноутбуков и был сделан этот "девайс". Получившееся устройство может использоваться и для некоторых других целей, о чем речь ниже.

Прежде всего, хочу заметить, что этот девайс никоим образом не заменит настоящую высококачественную внешнюю звуковую карту, например, при измерении КНИ/КИИ весьма малых уровней. Прежде всего, из-за формата – максимально 16бит/48кГц (против 24 бит/96кГц) и отсутствии отдельного питания. Использование шины USB для питания звуковой карты ухудшает ее характеристики, но зато значительно повышает удобство (например, при работе с ноутбуком появляется возможность полностью автономной работы).

В устройстве применена недорогая микросхема РСМ2906 фирмы Texas Instrument, дополненная входными/выходными буферами и DC-DC преобразователем (для получения отрицательного питания ОУ). При однополярном питании в стандартном включении РСМ2906, "центральным уровнем" входов и выходов является напряжение около 1.5в, что требует разделительных конденсаторов. Их конечно можно включить и после однополярно включенных ОУ, но в этом случае выходной конденсатор должен обладать весьма значительной емкостью, чтобы не вносить частотно-фазовых искажений при работе на низкоомную нагрузку. Я решил "отрезать" постоянную составляющую между ОУ и РСМ2906, а входы и выходы иметь привязанными к "земле". В качестве буферов были применены два корпуса сдвоенных ОУ SSM2275, допускающие выходной ток до 50мА. Разумеется, во входные буфера можно поставить что-то менее "токовое", или применить счетверенный ОУ. Но поскольку делалось это как "конструкция выходного дня", то использовалось что называется "что под рукой было". (Попутно замечу, что SSM2275 вообще очень хороший операционник, и очень жалко, что фирма Analog Devices решила снять его с производства - он уже находится в списке "obsolete products").

Для получения отрицательного напряжения питания ОУ применена микросхема МС34063А. На выходе преобразователя, а также в цепи положительного питания ОУ включены LC-фильтры. Номиналы индуктивностей (330мкГн) могут варьироваться, а вот дроссель преобразователя (150мкГн) желательно сильно не менять. Кварц 12МГц должен также быть именно 12.

Поскольку РСМ2906 кроме аналоговых входов/выходов имеет еще и цифровые (SPDIF с TTL-уровнями), схема была дополнена инверторами 74НС04, на которых собраны выходные буферы и входной усилитель. Это позволяет использовать данное устройство также для проверки/настройки аудио ЦАПов и АЦП, для прослушивания музыки через внешний усилитель (ресивер) с цифровым входом или даже для ввода аудиосигнала в компьютер с ЦД/ДВД-плеера. Устройство имеет три цифровых выхода – SPDIF с "нормальным" уровнем

(1в), SPDIF с TTL-уровнем и оптический. Последний был добавлен ввиду наличия в ящике стола оптического трансмиттера от DVD-проигрывателя, а вот оптический вход отсутствует. По той же причине – поскольку оптического приемника в ящике не оказалось. Но кто хочет – может легко его добавить.

Но повторяю – целью разработки данного устройства не было выполнение цифрового ввода/вывода с "хай-эндовским" качеством. Основная цель – замеры динамиков/колонок. Именно по этой причине, РСМ2906 работает со своим внутренним источником напряжения Зв, без использования рекомендованного в даташите внешнего – это несколько увеличивает погрешности преобразования, но КНИ в сквозном тракте (т.е. при замыкании выхода с входом) остается не хуже 0.1% (у меня получалось примерно 0.06-0.08%), что более чем достаточно для акустических измерений и измерений КНИ лаповых усилителей. А уж если Вам так хочется замерять КНИ <пред>усилителей на существенно меньших уровнях искажений – придется раскошелиться на дорогую аудиокарточку.

Коммутация осуществляется пятью тумблерами – входной делитель "1:10", входной бустер "*10" (переключает входные буфера в усилители, с $K_u=10$), тумблер обратной связи – замыкает выход с входом одного канала напрямую и тумблер "серийный режим" – замыкает выход с входом другого канала через резистор 40 ом. Теперь подключив к этому входу динамик или колонку, можно делать замер импеданса (для калибровки – служит еще один тумблер, подключающий резистор 20 ом). Подробнее о методиках измерений лучше почитать в описаниях/хелпах вышеуказанных программ. Напомню еще раз – испытываемый динамик/колонка подключается к ВХОДУ а не к ВЫХОДУ. Кроме входов/выходов в виде RCA-коннекторов ("тюльпан") можно поставить параллельно винтовые клеммы для динамиков/колонок.

Для удобства поставлен также регулятор чувствительности. Он может пригодиться при измерениях при помощи микрофона с предусилителем. Хочу подчеркнуть – в большинстве случаев, этот регулятор не нужен и должен находиться в верхнем положении. При этом устройство имеет единичный коэффициент передачи в сквозном тракте, т.е. полный размах напряжения (амплитуда равна 1 вольту) на выходе соответствует 100% размаху напряжения на входе. Это сильно упрощает процесс настройки. Единственно, что требуется – после подключения устройства к компьютеру установить в микшере все регуляторы на максимум.

О подключении к компьютеру надо сказать отдельно – устройство не требует для своей работы никаких драйверов, при использовании Вин2000/XP. Судя по описанию в даташите – Вин98/Me также не требуют драйверов, но я это не проверял ввиду отсутствия таковых (как и новой "Висты"). В микшере стоит один раз выключить все ненужные регуляторы, оставить только Volume Control ("Master") и Wave в режиме Playback (т.е. регулировки выхода, которые как я уже говорил – надо поставить на максимум). В режиме Record – РСМ2906 не имеет вообще никаких регулировок. Нет также переключения между аналоговыми входами (АЦП) и цифровым входом – последний включается автоматически при наличии на нем соответствующего сигнала (и имеет приоритет перед аналоговыми). Цифровой выход работает параллельно с аналоговым, т.е. на нем сигнал присутствует всегда, когда он присутствует на аналоговых выходах. Микросхема предусматривает прямое управление функциями "Громкость+", "Громкость-" и "Мьют" тремя кнопками. Это абсолютно равносильно управлению через микшер, поэтому ставить или не ставить эти кнопки – решайте сами.

С автоматическим включением цифрового входа связана одна маленькая проблемка – входной приемник имеет достаточно большую чувствительность, и при неудачном монтаже может воспринимать наводки с цифровых выходов, тем самым, переключая вход на себя. Если такое происходит в Вашей конструкции – добавьте еще один тумблер для выключения этого входа (лучше всего – закорачивать на землю не сам вход приемника, а входную ножку микросхемы, после RC-цепочки – по схеме 13-я ножка). Можно также добавить еще один тумблер, для отключения питания оптического трансмиттера, с целью экономии его ресурса (но я не уверен, что это так уж необходимо, во всяком случае, у себя я этого не делал).

Печатную плату я не привожу, поскольку собирал устройство на куске специальной макетки, имеющей место под корпуса SSOP-28 и SO-8. Ну а что получилось – можно видеть на фотографиях.

Возможные замены деталей: ОУ можно использовать счетверенные, с током не менее 25-30мА. Тип тумблеров и регулятора – по вкусу. Входные/выходные гнезда желательно покачественнее. Оптический передатчик/приемник (если нужны) – какие будут в наличии. Микросхему 74НС04 заменять чем-то другим нежелательно. В проводе питания USB установлен "ferrite bead" – "бусина".

Теперь немного о программах. В приведенных ниже ссылках, есть описание процесса измерений при помощи программы Loudspeaker CAD. Перед измерениями – следует выполнить калибровку, процесс которой хорошо описан как в хелпе программы, так и в приведенных ссылках. После этого измерение характеристики импеданса производится буквально "одним щелчком". Для измерения АЧХ удобно использовать программу Spectra lab – она же покажет Вам и значение КНИ и многое другое. Для электронных устройств (усилители и предусилители) для этого надо только подключить соответствующие входы – выходы, а для колонок – нужен измерительный микрофон. Профессиональные измерительные микрофоны достаточно дорогие, и к ним нужен не очень простой предусилитель, но в любительской практике очень популярны во всем мире дешевые, но вместе с тем отлично справляющиеся со своей работой, электретные капсулы Panasonic WM-60, WM61. К ним также нужен предусилитель (при работе с описываемым девайсом), который может быть сделан на транзисторах или малошумящем ОУ. Я не привожу их схемы, поскольку это предмет отдельной статьи, да и в Интернете и литературе таких схем много.

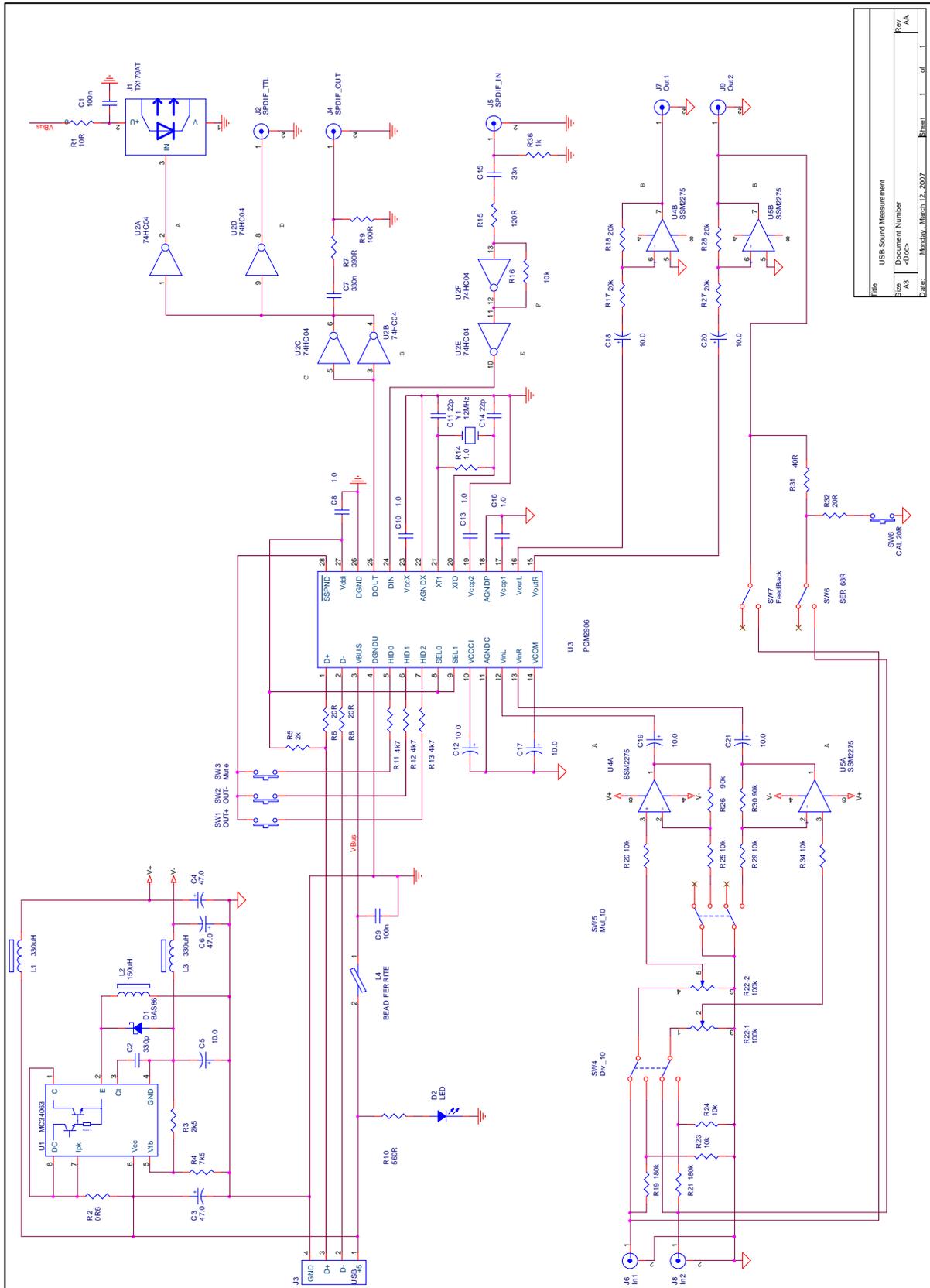
Существует очень много программ, которые имитируют работу осциллографа и мультиметра, используя звуковую карту. Есть подобные режимы и в Loudspeaker CAD, но всегда следует иметь в виду, что это не совсем полноценная замена "настоящим" приборам.

Полезные ссылки:

<http://www.ti.com/lit/gpn/pcm2906>

<http://audio.micronet.lv/diy/soft/lsplab.html>

<http://audio.micronet.lv/diy/soft/lsplabf.html>



Title	USB Sound Measurement
Sheet	1 of 1
Revision	1.0
Author	Michael, March 12, 2007

