

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

УДК 621.317.3:681.335.2

ИНФРАЗВУКОВОЙ ДИАПАЗОН В КОМПЬЮТЕРНОМ ГЕНЕРАТОРЕ
СИГНАЛОВ И АНАЛИЗАТОРЕ СПЕКТРА

© 2006 г. О. Я. Шмелёв

Московская государственная академия приборостроения и информатики

Проблемная лаборатория молекулярной акустики

Россия, 107076, Москва, ул. Стромынка, 20

E-mail: shmelyoff@newmail.ru

Поступила в редакцию 15.08.2005 г.

Приводится схема доработки звуковой платы компьютера с целью расширения частотного диапазона в область инфразвука и постоянного тока для использования в составе компьютерного генератора сигналов и многофункционального анализатора спектра. После доработки нижняя граница частотного диапазона по электрическому напряжению для генератора составила 10^{-3} Гц, анализатора спектра – 10^{-2} Гц, осциллографа – постоянный ток.

При разработке компьютерных приборов – генератора звуковых частот [1] и комбинированного анализатора спектра, содержащего: осциллограф, частотомер, фазометр, вольтметр постоянного и переменного тока, измеритель шумов и нелинейных искажений, мощности, плотности амплитудного распределения входного сигнала [2] – потребовалось расширение частотного диапазона по электрическому напряжению в область инфразвука и постоянного тока.

Указанные приборы используют в качестве цифроаналоговых (ц.а.п.) и аналого-цифровых (а.ц.п.) преобразователей стандартную (типовую) звуковую систему компьютера. Большинство распространенных звуковых карт компьютера имеет низкочастотную границу порядка 10–20 Гц. Ограничение это обусловлено, как правило, наличием разделительных конденсаторов на входе а.ц.п. и выходе ц.а.п. Однако простого удаления разделительных конденсаторов может оказаться недостаточно для работы в области инфразвука и постоянного тока, так как во многих случаях и вход а.ц.п., и выход ц.а.п. имеют смещение по постоянному току относительно аналоговой земли устройства. Последнее вызвано тем, что питание таких кодеков (кодер–декодер, а.ц.п. и ц.а.п. на одном кристалле) чаще всего однополярное (обычно 5 В). Таким образом, для того чтобы обеспечить работу звуковой карты в области инфразвука и постоянного тока необходимо применить дополнительную схему смещения уровня и для входных, и для выходных сигналов.

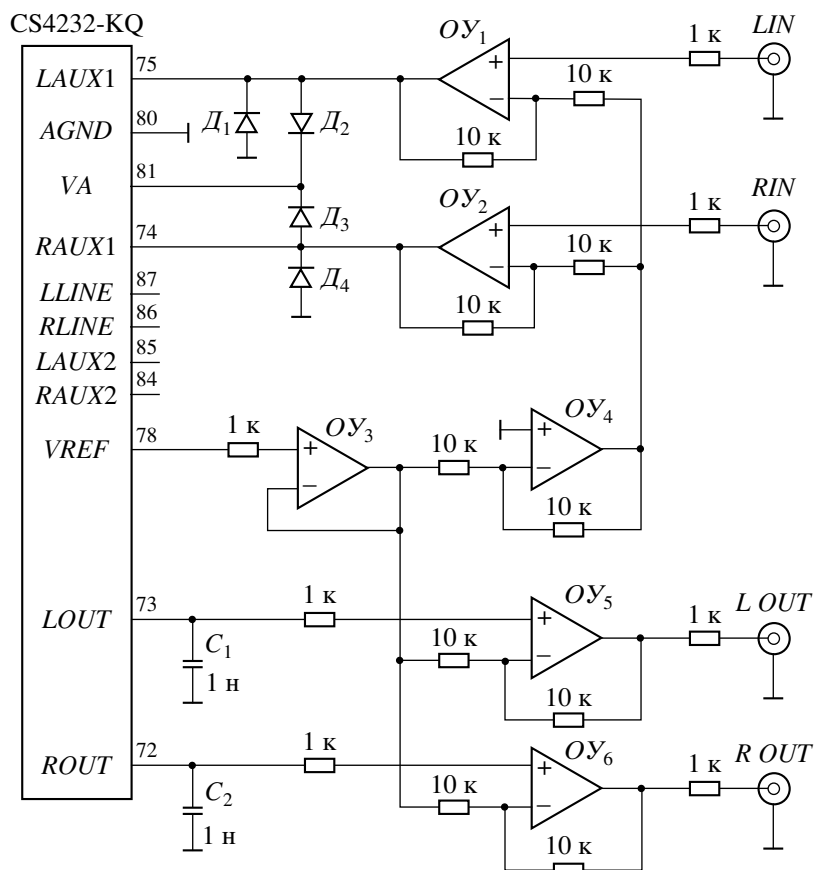
Подобное решение актуально, по крайней мере, по двум причинам: 1) при обеспечении весьма высоких параметров такой подход многократно дешевле применения специализированных а.ц.п. и ц.а.п., 2) возможность использовать уже существующее

[1–3] программное обеспечение для построения измерительной системы с расширенным в область инфразвука частотным диапазоном.

Рассмотрим решение данной задачи на примере двухканального 16-разрядного кодека CS4232 производства Crystal Semiconductor Corporation, установленного в звуковой карте TBS2000 фирмы Turtle Beach Systems.

Схема смещения базового уровня входных и выходных сигналов совместно с частью схемы кодека показана на рисунке (приведены нумерация и названия используемых в переделке выводов микросхемы CS4232, выполненной в 100-контактном корпусе TQFP [4]). Все подключения к выводам LAUX1 и RAUX1, имеющиеся на звуковой плате, должны быть отсоединены. От выводов LOUT и ROUT должно быть отсоединено все, кроме фильтрующих конденсаторов C_1 и C_2 , показанных на рисунке.

В качестве опорного напряжения для операционных усилителей схемы смещения уровня используется источник опорного напряжения VREF, встроенный в кодек CS4232. В технической документации на микросхему CS4232 указано, что входные и выходные напряжения кодека центрированы относительно опорного напряжения VREF, равного 2.2 В [4]. Поскольку этот источник не допускает никакой существенной нагрузки по постоянному току [4], к нему буферно подключен повторитель напряжения OU_3 . Использование встроенного в кодек источника опорного напряжения существенно уменьшает дрейф всей схемы смещения уровней при изменении температуры и напряжения питания. Инвертор опорного напряжения OU_4 необходим для работы схемы смещения нулевого уровня входных сигналов.



Принципиальная схема устройства смещения базового уровня входных и выходных сигналов для кодека CS4232. OY_1-OY_4 – AD743, OY_5, OY_6 – AD745.

Схема компенсации нулевого уровня для выходных сигналов кодека выполнена на операционных усилителях OY_5 и OY_6 . Конденсаторы C_1, C_2 обычно входят в конструкцию звуковой платы.

Схема компенсации нулевого уровня для входных сигналов построена на операционных усилителях OY_1 и OY_2 . Диоды D_1-D_4 на выходах операционных усилителей предназначены для защиты входов а.ц.п. от превышения допустимого напряжения на них, возникающего при перегрузке входным сигналом или во время переходных процессов при включении и выключении всего устройства.

Для ввода сигнала в кодек могут быть использованы также пары входов $LLINE, RLINE$ и $LAUX2, RAUX2$. Ввод с них включается в программном микшере, входящем в состав операционной системы Windows. Можно снабдить схемой смещения нуля все указанные входы кодека. Это позволит программно переключать ввод от трех сдвоенных источников сигнала без применения дополнительного оборудования.

Для полной реализации возможностей кодека (динамический диапазон более 80 дБ [4]) в качестве операционных усилителей OY_1-OY_6 следует

применять малошумящие приборы с полевыми транзисторами на входах и скоростью нарастания выходного напряжения в режиме единичного усиления >1 В/мкс. Очень хорошие результаты дают импортные малошумящие операционные усилители AD743, AD745. Несколько хуже отечественные микросхемы 574УД1 или 544УД2.

При использовании операционных усилителей с большим смещением нуля (574УД1, 544УД2) следует снабдить их цепями коррекции нуля, выполненными по типовым схемам, обычно приводимым в справочной технической документации. Такие цепи коррекции позволят также более точно компенсировать смещение нуля ц.а.п. и а.ц.п. кодека. Если применяемые операционные усилители для работы требуют внешних цепей коррекции частотной характеристики, то они также должны быть выполнены в соответствии с их технической документацией.

Питание всех операционных усилителей осуществляется от двухполярного стабилизированного малошумящего источника постоянного тока напряжением $\pm 5... \pm 12$ В. Использование имеющегося в компьютере источника напряжением ± 12 В допустимо только при условии дополни-

тельной фильтрации помех. Все “земляные” выводы, показанные на схеме смещения уровней, соединены с “аналоговой землей” звуковой платы. В микросхеме CS4232 – это контакт *AGND* (вывод 80).

Все резисторы в устройстве должны быть обязательно малошумящие, например, металлопленочные С2-1. Резисторы номиналом 10 кОм подобраны по парам для каждого из операционных усилителей с минимальным разбросом. Это необходимо для наиболее точной компенсации смещения уровня. Само номинальное сопротивление этих резисторов значения не имеет и может быть в интервале 5–10 кОм. Резисторы номиналом 1 кОм выполняют защитные функции (их точность значения не имеет).

Диоды D_1 – D_4 – любые высокочастотные кремниевые с малой емкостью, например, КД509.

Оптимальная конструкция блока смещения уровней – на отдельной экранированной печатной плате, расположенной “вторым этажом” на звуковой карте. Дополнительную плату следует снабдить типовой металлической скобой крепления с расположенными на ней входными и выходными разъемами.

Аналогично можно переделать и другие звуковые карты, построенные на различных микросхемах ц.а.п. и а.ц.п., имеющих сходную с CS4232 структуру (разумеется, нумерация выводов и их формальные названия могут отличаться от указанных на рисунке). Все эти данные должны быть получены из технической документации конкретных микросхем ц.а.п. и а.ц.п., размещенной на интернет-сайтах компаний-производителей

Следует сделать одно существенное замечание. В высококачественных (достаточно дорогих) звуковых картах иногда применяются цифровые фильтры высоких частот с частотой среза порядка нескольких герц. Так сделано, например, в звуковой карте FII фирмы Turtle Beach Systems. Фильтры предназначены для компенсации смещения и дрейфа нуля входного а.ц.п. Фильтры могут быть выполнены на кристалле встроенного цифрового процессора обработки сигналов или иметь программную реализацию в драйвере. В любом случае это делает невозможным использование такой звуковой карты для ввода очень низких частот. Определить этот факт до переделки можно только с какой-то долей вероятности. Следует измерить смещение и дрейф нуля а.ц.п. в отсутствие входного сигнала (закороченный на землю вход) при помощи осциллографа, встроенного в комбинированный компьютерный анализатор спектра [2]. Если смещение превышает 5–10 единиц младшего разряда, да еще и изменяется с прогревом, то

почти наверняка никакого цифрового фильтра нет. Если смещение существенно меньше, это означает, что, либо используется очень хороший и стабильный а.ц.п., либо применен цифровой фильтр высоких частот.

Другой способ предварительной проверки возможности ввода постоянного напряжения – соединить между собой выводы *LAUX1* и *LOUT* (в терминологии кодека CS4232) и измерить сквозную амплитудно-частотную характеристику в области сверхнизких (вплоть до 10^{-3} Гц) частот при помощи генератора [1] и осциллографа [2]. Этот метод проверки гарантирует абсолютно надежный результат, но требует уже вмешательства (хотя и минимального) в схему звуковой карты.

Организация вывода инфразвука и постоянного тока, как правило, возможна без проблем практически всегда.

Доработанная звуковая карта обеспечивает при работе компьютерного генератора сигналов [1] нижнюю границу частотного диапазона по выходному электрическому напряжению 10^{-3} Гц. Для комбинированного компьютерного анализатора спектра [2] нижняя рабочая частота составляет 10^{-2} Гц, для входящего в его состав осциллографа нижний предел – постоянный ток. Верхний предел рабочих частот определяется максимальной частотой дискретизации кодека CS4232 и достигает 20 кГц. Номинальные входное и выходное напряжения, соответствующие полной шкале а.ц.п. и ц.а.п., составляют ± 1.4 В [4].

Остаточное смещение нуля а.ц.п. после компенсации разработанным устройством определяется внутренними погрешностями а.ц.п. и не превышает 0.1% полной шкалы преобразователя. Дальнейшая компенсация остаточного смещения нуля а.ц.п. осуществляется программными средствами анализатора спектра [2]. Остаточное смещение нуля ц.а.п. после компенсации разработанным устройством определяется внутренними погрешностями ц.а.п. и не превышает 0.05%. Сквозной динамический диапазон (измеряется при соединении входа с выходом) всего устройства при использовании в конструкции импортных малошумящих операционных усилителей AD745 составляет 78 дБ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шмелёв О.Я. // ПТЭ. 2005. № 1. С. 166.
2. Шмелёв О.Я. // ПТЭ. 2005. № 4. С. 151.
3. Шмелёв О.Я. Автоматизация научных исследований. <http://shmelyoff.nm.ru>, <http://shmelyoff.by.ru>.
4. CS4232. Games Compatible Plug-and-Play Audio System. Crystal Semiconductor Corporation, 1996.