

САМОКОРРЕКТИРУЮЩИЕСЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ ПРОЦЕССОРЫ ДЛЯ ЦРИД

А.Д.Азаров, В.П.Марценюк, Е.А.Коваленко

Проблема создания цифровых многоканальных регистраторов измерительных данных с динамическим диапазоном до 100 дБ одновременно ставит задачу разработки метрологически стабильных и высокоточных аналого-цифровых и цифро-аналоговых процессоров сигналов. Решение такой задачи известными методами и средствами существующей элементной базы наталкивается на определенные технологические и схемотехнические трудности.

Известно, что к основным техническим характеристика цифровых измерительных регистраторов и студийных магнитофонов относятся следующие:

- частота дискретизации (квантования), которая выбирается в зависимости от исходной полосы частот, равной 32; 33; 44,056; 48,0; 50,4 кГц;
- формат кодирования, 14-16 разрядное линейное квантование;
- полоса частот принимается от 0 до 20 кГц. Верхняя граница может варьироваться при помощи ограничительной фильтрации;
- неравномерность амплитудно-частотной характеристики изменяется в пределах от $\pm 0,3$ до ± 1 дБ;
- динамический диапазон, 96 дБ соответствует 16 битовому квантованию;
- нелинейные искажения (клир-фактор), может изменяться в пределах от 0,2 до 0,01 %.

Реализация в указанных пределах таких из вышеперечисленных характеристик как динамический диапазон, нелинейные искажения, полоса частот при заданной неравномерности очень затруднена и зависит в первую очередь от характеристик тракта аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования. Структурная схема тракта, называемого иначе аналого-цифровым процессором представлена на рис. 1 и содержит: согласующе-нормирующее устройство (СНУ); антиалиазинговый аналоговый фильтр (ААФ); аналого-цифровой преобразователь (АЦП); дещимирующий полосный фильтр (ДФ); устройство записи-воспроизведения цифрового потока (УЗВ); цифровой интерполирующий фильтр (ИФ); цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП); аналоговый восстанавливающий фильтр (АВФ); выходное устройство (ВУ). При необходимости создания многоканальной структуры части тракта, включающие СНУ, ААФ, АЦП, ДФ, УЗВ, ИФ, ЦАП, АВФ, ВУ.

множатся по количеству каналов. Такая структура не является единственной и может варьироваться в зависимости от характеристик узлов. Так, например, АЦП может быть и многоканальным, если он обеспечит требуемое быстродействие с учетом стоящего на его входе многоканального коммутатора.

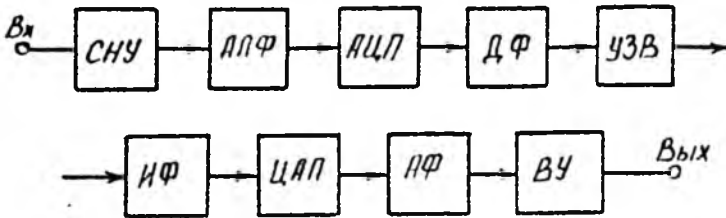


Рис. 1.

Эффективным средством решения стоящих задач, особенно в разрезе получения низкого коэффициента, является использование методов самопроверки-самокоррекции погрешностей линейности и самокомпенсации динамических погрешностей на основе кодов Фибоначчи. Известно, что в основном нелинейные искажения определяются линейностью статической характеристики аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей. Причем, технологические ограничения и влияние температурно-временных дрейфов ограничивают ее на уровне десяти-восьми процентов. Однако высококачественная звукозапись и измерительная техника требует уровней сотых и менее долей. Поэтому использование метода самопроверки и самокоррекции даст возможность получить желаемые значения. Суть метода заключается в использовании такого свойства кодов Фибоначчи, как избыточность, которое проявляется в возможности многозначного представления чисел.

Упрощенная структурная схема АЦП, реализованного по методу самопроверки и самокоррекции представлена на рис. 2

где ИОН - источник опорного напряжения ;

ВК - входной коммутатор ;

НП - преобразователь "напряжение - ток" ;

ПЦО - преобразователь "код-ток" основной ;

ПЦВ - преобразователь "код-ток" вспомогательный ;

РПУ - регистр поразрядного уравнивания;

ССТ - схема сравнения токов;

ВУ - вычислительное устройство;

БУ - блок управления.

ПКТВ предназначен для генерирования тестового ступенчатого сигнала, вес каждой ступеньки которого на 5-20% больше веса поверяемого разряда.

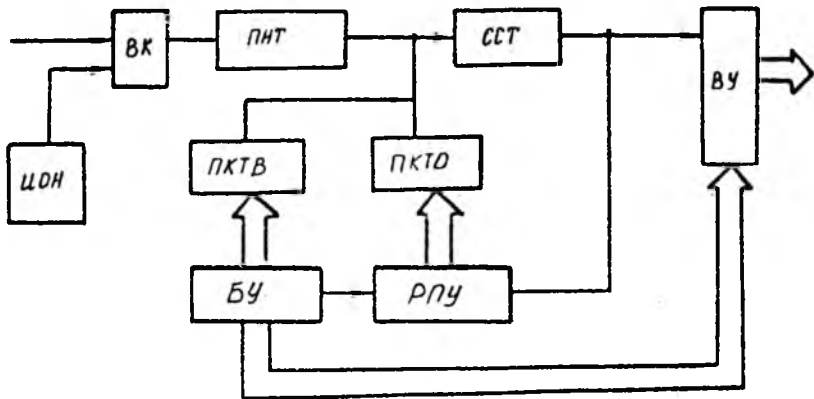


Рис. 2

Аналого-цифровой преобразователь работает в двух режимах: самоповерки и непосредственного преобразования входного напряжения в двоичный код.

Режим самоповерки состоит из трех этапов:

- 1) определение кодов реальных весов разрядов ПКТО;
- 2) определение кода смещения нуля устройства;
- 3) определение погрешности масштаба.

Для осуществления самоповерки разряды ПКТО разбиваются на две группы: m корректируемых и $(n - m)$ некорректируемых (точных) разрядов. При этом определение кодов реальных весов разрядов производится только для группы неточных разрядов. Реальные веса точных разрядов измеряются при изготовлении устройства и заносятся в память ВУ.

Определение кода смещения нуля и масштаба происходит известными методами, а в режиме непосредственного преобразования результат корректируется с учетом уже известных погрешностей

Частотную характеристику процессора в первую очередь определяют аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователи, однако значительную долю погрешности, особенно по неравномерности и исключению эффекта наложения (лязингу), вносят аналоговые и цифровые фильтры. Эффект наложения возникает в том случае, если не принимать меры к ограничению спектральных полос измерительных сигналов требуемыми значениями. Задав, например, требуемую частотную полосу от 0 до 20 кГц и учитывая, что спектр исходного сигнала, поступающего на вход регистратора практически значительно шире, мы становимся перед проблемой – либо пропустить весь исходный спектр и образовать поток информации, несущий избыточные данные о сигнале со спектром $\Delta f = f_{\delta n} - f_{\delta z}$ (где $f_{\delta n}$ – верхняя частота ограничения исходного спектра, $f_{\delta z}$ – верхняя частота, ограничивающая заданный спектр), либо ставить фильтр, ограничивающий его до значения $f_{\delta z}$ (см. рис 3).

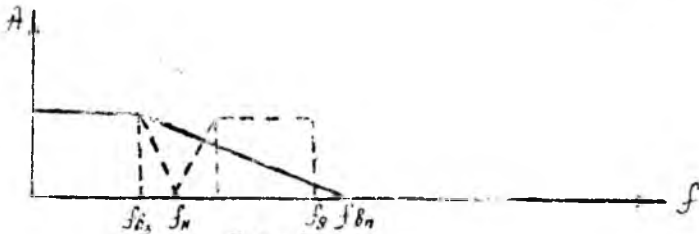


Рис. 3.

Следуя теореме Котельникова-Шеннона частоту дискретизации АЦП следует ограничивать двойной частотой $f_{\delta z}$. Однако это возможно лишь в случае, если в нашем распоряжении имеется идеальный аналоговый фильтр с затуханием в несколько раз большим, чем динамический диапазон сигнала. Практически можно создать фильтры с конечными характеристиками, что приводит к увеличению и, как следствие, к усложнению преобразователей, к повышению избыточности в потоке информации. Поэтому существует постоянное стремление приблизить $f_{\delta z}$ к рекомендуемому Котельниковым-Шенноном соотношению. В сложившейся практике эта цифра обычно принимается равной 2,5 раза.

Если оценить динамический диапазон ЦРЧ значением 96 дБ (16 дв. разрядов), то для решения задачи антилязига необходимо создать аналоговый фильтр, обладающий в полосе заграждения от f_d до $0,25f_d$ (т.е. на четверть октавы) затуханием более 96 дБ. Кроме того, такой фильтр должен обладать:

- неравномерностью А частотной характеристики в области пропускания менее (0,3 - 0,5 дБ);
- линейной фазовой характеристикой в области пропускания;
- собственными помехами на уровне минус 100 дБ;
- небольшими габаритами, массой и простотой настройки.

До сих пор подобные конструкции аналоговых фильтров реализовываются только в лаборатории. Поэтому наиболее приемлемым путем является использование простого аналогового фильтра, включаемого перед АЦП и осуществление остальной фильтрации цифровым фильтром.

Решение такой задачи возможно лишь путем повышения в два раза f_d , что при соответствующей линейности 16 дв. разрядов, является весьма непростой задачей. Эта задача также успешно решается путем использования методов повышения быстродействия в кодах Фибоначчи. Суть метода повышения быстродействия сводится к компенсации погрешностей сравнения в АЦП поразрядного уравнивания на каждом его такте. Компенсация обеспечивается за счет избыточности кодового представления и предложенного в работе [4] способа. Используя этот способ удастся повысить быстродействие АЦП в 4-5 раз и простыми средствами обеспечить частоту квантования до 100 кслов/сек.