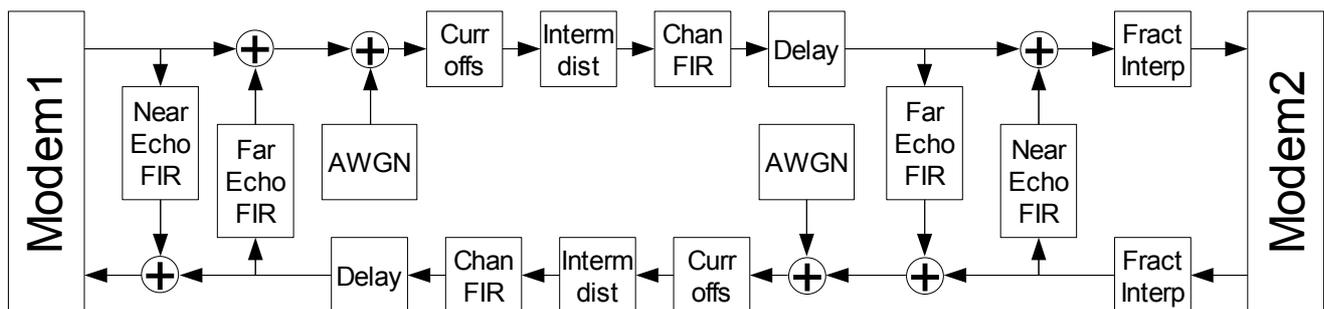


## Эмулятор телефонного канала

При разработке модемов возникает необходимость в использовании программного эмулятора, моделирующего канал связи через который предстоит работать модемам. Обычно, эмулятор канала входит в состав среды разработки, используемой для отладки и тестирования модемов.

Данный документ посвящен рассмотрению эмулятора телефонного или проводного канала. Полнофункциональная среда разработки телефонных модемов, в которую входит описываемый эмулятор канала, может быть скачена по ссылке <http://powerdsp.narod.ru/modem/sredarazr.zip>. Эмулятор использовался, например, для разработки модема V.32/V.32bis. Описание тестовой среды проводных модемов находится в документе <http://powerdsp.narod.ru/modem/sredarazr.pdf>. Эмулятор канала может быть собран на ПК под MS Visual C 2008 Express и на DSP Texas Instruments семейства 55XX под Code Composer Studio 3.3. Код оптимизирован на уровне языка C с использованием intrinsic и pragma и алгоритмической оптимизации. С минимальными переделками, код может использоваться на платформах TI 64XX и 54XX.

Функциональная схема симулятора представлена на рисунке:



Симулятор моделирует следующие искажения сигнала:

1. аддитивный белый Гауссовский шум,
2. сдвиг несущей частоты,
3. нелинейные искажения 2-ого и 3-его порядка,
4. искажения формы АЧХ канала и затухание,
5. задержка в канале,
6. дальнее и ближнее эхо.

Эмулятор позволяет задавать следующие параметры модели:

1. отношение сигнал/шум в полосе 600 - 3000 Гц (фактически Eb/N0) от 0 до 80 дБ
2. сдвиг частоты в канале от -30 до +30 Гц
3. уровень интермодуляционных искажений от 20 до 80 дБ
4. 4 вида неравномерности АЧХ канала: flat, good, midd, poor
5. задержку в канале от 0 до 2000 мс,
6. ослабление сигнала в канале от 0 до 40 дБ
7. ослабление сигнала ближнего и дальнего эха от 6 до 80 дБ
8. различие бодовых скоростей модемов от -200 до +200 ppm

Модель канала симметрична, в том смысле, что одинаковый алгоритм и общие параметры используются для симуляции искажений сигнала от модема 1 к модему 2 и в обратном направлении.

При разработке эмулятора использовались рекомендации ITU-T V.56/bis/ter и M.1020 – M.1040. Эмулятор не позволяет симулировать импульсный шум, фазовый джитер и гармонические помехи.

Обычно, для удобства, моделирование различия бодовых скоростей модемов так же реализуется в симуляторе, хотя это различие и не является искажением, создаваемым самим каналом. Моделирование различия бодовых скоростей будет реализовано в ближайшее время.

## Алгоритм работы

Шум в канале моделируется аддитивным белым Гауссовским шумом. Гауссовский шум генерируется путем сложения 12 псевдослучайных нормально распределенных отсчетов, генерируемых отдельным линейным конгруэнтным генератором с параметрами  $m = 2^{32}$ ,  $a = 1103515245$ ,  $c = 12345$ . Затем белый Гауссовский шум фильтруется фильтром с АЧХ соответствующим АЧХ сигнала модема. В нашем случае (модем V.32) сигнал занимает полосу от 600 до 3000Гц с затуханием 4 дБ на границах.

Интермодуляционные искажения моделируются следующим соотношением:

$$S_o = S_i + K_2 * S_i^2 + K_3 * S_i^3$$

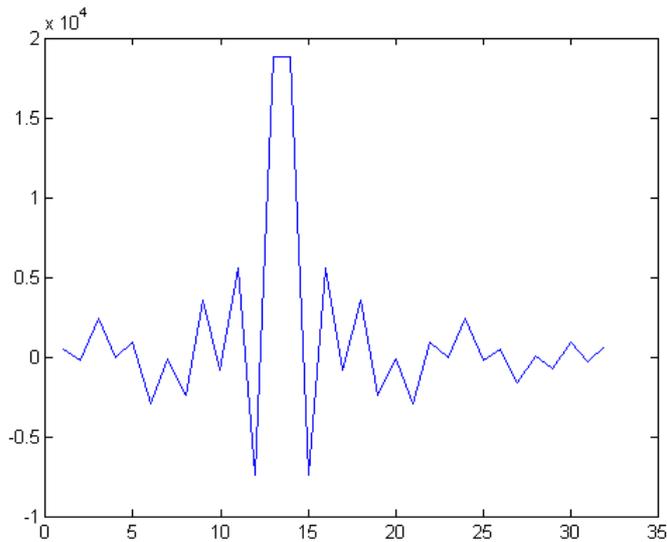
где  $S_i$  – входные отсчеты,  $S_o$  - выходные отсчеты,  $K_2$  и  $K_3$  коэффициенты интермодуляционных искажений 2-ого и 3-его порядка.

Для моделирования неравномерности АЧХ канала используются 4 типа фильтров со следующими АЧХ:

| Тип  | Ослабление, дБ на частоте |         |         |         |         |         |
|------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|      | 600 Гц                    | 1000 Гц | 1600 Гц | 2500 Гц | 2800 Гц | 3000 Гц |
| flat | 0.0                       | 0.0     | 0.0     | 0.0     | 0.0     | 0.0     |
| good | 1.5                       | 0.5     | 0.0     | 0.5     | 1.5     | 3.0     |
| midd | 3.0                       | 1.0     | 0.0     | 1.0     | 3.0     | 6.0     |
| poor | 6.0                       | 2.0     | 0.0     | 2.0     | 6.0     | 12.0    |

Циклический буфер используется для создания задержки в канале. Задержка вносимая остальными элементами модели, составляющая порядка 20 мс, при этом не учитывается.

Дальнее и ближнее эхо моделируется с помощью одинаковых КИХ фильтров длиной 32 отсчета. Импульсная характеристика фильтра представлена на рисунке:



## Использование эмулятора

Конфигурирование эмулятора в составе среды разработки выполняется с помощью текстовых команд, читаемых из файла. Команды приведены ниже:

| команда         | аргумент               | описание   |
|-----------------|------------------------|--|
| chtype          | flat, good, midd, poor | тип канала   |
| snr,            | дБ                     | отношение сигнал/шум в полосе 600-3300Гц, фактически $E_b/N_0$ |
| currof          | Гц                     | сдвиг несущей в канале   |
| chatt           | дБ                     | ослабление сигнала в канале                                    |
| chdel           | мс                     | задержка сигнала в канале                                      |
| baudof          | ppm                    | разница бодовых скоростей модемов - <b>не реализовано</b>      |
| interm2,interm3 | дБ                     | коэффициент нелинейных искажений 2-ого и 3-ого порядка         |
| nearatt,faratt  | дБ                     | ослабление ближнего и дальнего эха                             |

Наша компания занимается разработками на заказ встраиваемого ПО в области модемов, обработки речи и видео, телефонии и других областях использующих цифровую обработку сигналов. Имеется опыт разработки проводных модемов V.34, V.32, факс модемов V.17, V.29, KV модемов, специализированных модемов совместимых с аппаратурой ТТ-144, TgFM, П-327. Информация о модемных разработках представлена на странице <http://powerdsp.narod.ru/modem.html>, электронная почта [powerdsp@narod.ru](mailto:powerdsp@narod.ru).