

## РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОПРОФИЛЬНЫХ ТОНАЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ НА ЦПОС

Семенов Н.Н., Ланно А.А., Андреев И.В., Бабкин В.В.

Санкт-Петербургский Государственный Университет Телекоммуникации,  
Центр ЦОС, e-mail [arturlan@robotek.ru](mailto:arturlan@robotek.ru)

Во многих задачах, связанных с построением телекоммуникационных систем, возникает необходимость детектирования посылок внутриполосной сигнализации.

Один из вариантов внутриполосной сигнализации использует однотональный сигнал с единственной доминирующей частотой (например, 450Гц). Различными временными конфигурациями тональных и нетональных участков АТС передает в телефонный канал такие сигнализационные посылки, как “Отбой/Занято/Перегруз” (“Busy/Congestion”), “Контроль посылки вызова” (“Ringing Tone”), “Ответ станции” (Dial Tone). Соответственно, упрощенный алгоритм детектирования подобного типа сигнализации может быть основан на принципе доминирующей частоты, позволяющем оценить значение частоты в спектре сигнала по числу пересечений нуля. Кадр сигнала может быть классифицирован как тоновый и как неопределенного типа. Тоновым считается такой кадр, на котором оценка частоты лежит в заранее определенных границах и его энергия превышает порог. Иначе кадр классифицируется как неопределенного типа. После этого на основе анализа длительности тональных и нетональных участков выносится решение о наличии того или иного сигнала абонентской сигнализации.

Недостатком этого метода является фактическая невозможность детектировать двухтональные сигналы, также используемые в абонентской сигнализации.

Более гибкий и надежный способ детектирования сигнализационных сигналов базируется на алгоритме Гертцеля [Л.1] и предполагает задание параметров сигналов неким универсальным – в виде сигнализационных шаблонов (что позволяет гибко подстраивать приемник под различные типы сигнализации). В шаблонах задаются номинальные значения частот тональных сигналов, величины отклонения от номинальных частот, длительности тональных посылок, пауз и допуски на эти длительности, а также количество минимальных повторений. Соответственно, алгоритм детектирования сигналов абонентской сигнализации в этом случае включает в себя три стадии: вынесение решения о наличии того или иного тонального сигнала (с помощью оценки спектра на базе алгоритма Гертцеля), сглаживание траектории вынесенных решений (для каждого из тональных сигналов) и сравнение траекторий с шаблонами.

Второй вариант – использование нового алгоритма приема тональных сигналов [Л.2], который разделяет при необходимости сигнал на гармонические составляющие и оценивает их периоды с помощью переходов через «ноль», как это показано на рис. 1.

Теоретически, зная период сигнала, можно вычислить его частоту. Но для практического применения в этом нет необходимости – все граничные параметры лежат в области периодов. Для приема сигнала, состоящего из одной гармонической составляющей, нет необходимости разделять сигнал. И этот вариант хорошо вписывается в прием как тонального, так и двухтонального сигнала. Задание параметров сигналов заключается только в определении границ допустимых интервалов периодов каждой частотной составляющей сигналов.

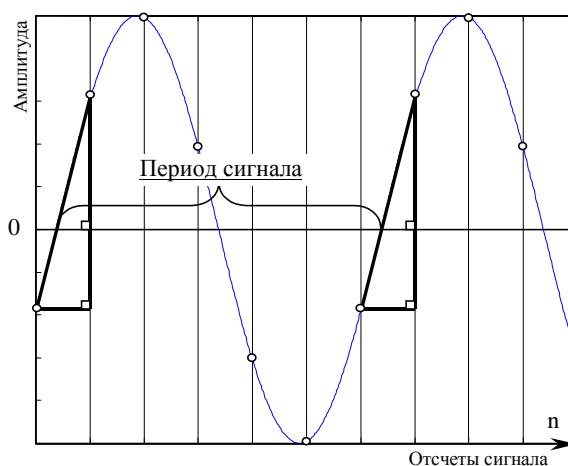


Рисунок 1

Функциональная схема базового алгоритма детектирования двухтонального сигнала показана на рис. 2.

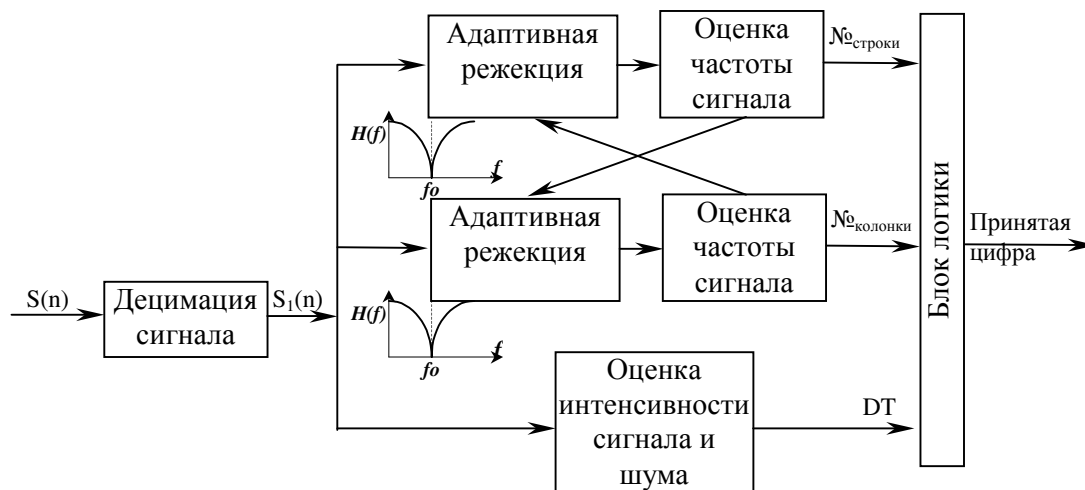


Рисунок 2

Преимуществом этого алгоритма является малая требовательность к памяти данных и памяти программ, малые вычислительные ресурсы. Есть возможность устанавливать точные границы частотных и временных диапазонов сигнала.

При реализации на 16-разрядных ЦПОС с 32-разрядным умножителем появляется возможность внести существенные упрощения, что позволяет дополнительно уменьшить вычислительные затраты и требования к памяти.

Суть упрощений состоит в следующем. Расчет мощности сигнала неудобен необходимостью вычислять квадрат амплитуды сигнала. Гораздо проще иметь дело с абсолютным значением. Поэтому был предложен следующий алгоритм – для огибающей сигнала и шума используются практически одинаковые интеграторы, отличающиеся постоянной времени. При длительном воздействии сигнала с постоянной амплитудой порог срабатывания оказывается выше огибающей сигнала в 1.5 раза. Резкий скачек амплитуды сигнала приводит к резкому подъему огибающей. Так как постоянная времени у интегратора, измеряющего уровень шума, намного больше, чем у второго интегратора, измеряющего уровень сигнала, уровень сигнала оказывается выше, чем уровень шума, что приводит к срабатыванию детектора. На модели оценка интенсивности сигнала и шума реализуется следующим образом (рис. 3).

В этом блоке сначала происходит вычисление абсолютного значения сигнала (блок “Abs”), потом полученные значения фильтруются с помощью рекурсивного фильтра, результат сравнивается с порогом срабатывания, и принимается решение : 1 – сигнал DT активен, 0 – сигнал DT неактивен.

Для получения необходимого результата в параметрах умножителя не удалось использовать 16-битную арифметику с фиксированной точкой, так как при целочисленном умножении абсолютного значения входного сигнала на коэффициент 0.0001 (0007h в 16-битной арифметике), все значения меньше 9362 (65536/7) будут игнорироваться. Для того, чтобы этого не происходило, приходится использовать 32-разрядное умножение, которое обычно несложно реализовать на реально существующих DSP, используя две 16-разрядные переменные.

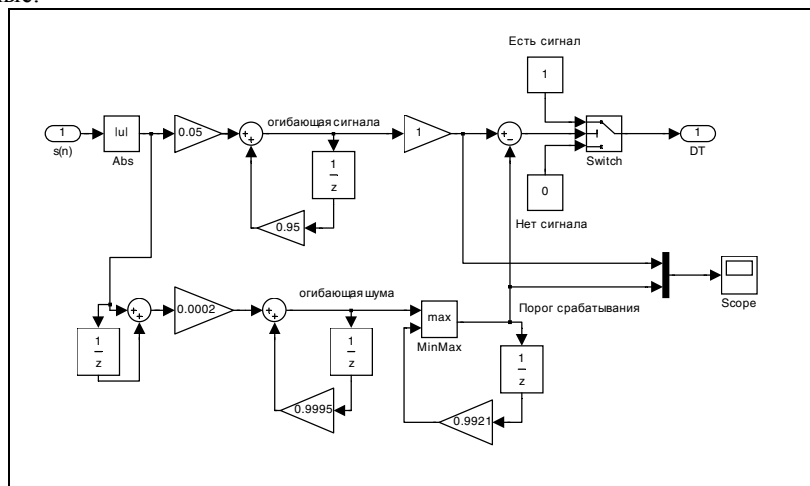


Рисунок 3

Предлагаемый вариант алгоритма был промоделирован в системе Матлаб [Л.3] в арифметике с фиксированной точкой, в результате чего уточнены пороги в блоке принятия решений и подтверждена работоспособность алгоритма.

Помимо этого составлены и отлажены программы для ЦПОС TMS320C54xx, TMS320C6x и ADSP218x. Параметры полученных решений представлены в таблице.

Алгоритм	Загрузка DSP (MIPS)	Память программ (К слов)	Память данных (К слов)
Детектор DTMF сигналов (Герцель)	1.5	1.3	2.3
Детектор DTMF сигналов (Режекторные фильтры)	1.1	0.49	0.18

#### Литература

1. А.В.Оппенгейм, Р.В.Шафер, Цифровая обработка сигналов, Москва, Связь, 1979
2. Amey A. Deosthali, Shawn R. McCaslin, Brian L. Evans, A Low-Complexity ITU-Compliant Dual Tone Multiple Frequency Detector, IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, VOL. 48, no. 3, MARCH 2000
3. Семенов Н.Н., Матлаб для DSP. Моделирование приемника DTMF, Chip News, no. 04-05, 2000

---

### ТОНЕ СИГНАЛ ДЕТЕКТОР IMPLEMENTATION ON DSP

Semenov N.N., Lanne A.A., Andreyev I.V., Babkin V.V.

*St.Petersburg State University of Telecommunications,  
DSP Center, E-mail [arturlan@robotek.ru](mailto:arturlan@robotek.ru)  
24, Bolshevikov pr., St.Petersburg, 192232, RUSSIA*

Tone signal detector implementation implies creation of DTMF detector and signaling detector. Such devices are very important for almost every telecommunication project. Creating high quality and very effective algorithms and programs for these detectors is very important engineering task.

This report discusses two different methods of tone signal detector implementation:

- using Goertzel algorithm [L.1];
- using notch filters and tone frequency estimation by zero cross counting.

New approach in the first method is computational load optimization by using moving window in FFT algorithm, and using single tone profile estimate in signaling detector.

The second method is based on new tone signal receiver algorithm, proposed for DTMF signal detector [L.2]. Key innovations include the use of adaptive notch filters and sophisticated decision logic. The DTMF detector is well suited for a multi-channel digital signal processor implementation. But as it is shown in this work, this method is useful for single tone signal detector with a broad range of profiles too.

Basic algorithm is intended for DTMF signal detection when implemented on an 8-bit microprocessor with 8-bit multiplier and divisor. When implemented on a 16-bit DSP with 32-bit multiplier it can be much reduced. Reduced algorithm research is made using a model in Simulink [L.3].

All the proposed methods were programmed on DSP TMS320C54X, TMS320C6x, ADSP218x and have passed all the test checkouts.

1. Oppenheim A.V., Shaffer R.V., Digital Signal Processing, Moscow, Svjaz, 1979
2. Amey A. Deosthali, Shawn R. McCaslin, Brian L. Evans, A Low-Complexity ITU-Compliant Dual Tone Multiple Frequency Detector, IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, VOL. 48, no. 3, MARCH 2000
3. Semenov N.N., MATLAB for DSP. Modelling DTMF Receiver, ChipNews, no. 04-05, 2000