

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА СПЕКТРАЛЬНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

Новые и все более доступные аппаратные средства и растущие ресурсы вычислительной техники позволяют исследовать временные и спектральные характеристики сигналов в реальном масштабе времени на частотах вплоть до нескольких мегагерц.

В данной статье рассматриваются принципы работы и анализируются основные характеристики программно-аппаратной системы DKF-V, функционирующей на базе персонального компьютера класса Pentium с операционной системой семейства Windows. Система DKF-V к настоящему времени реализована и успешно прошла испытания.

Система обладает следующими функциональными возможностями:

- сбор данных о входящем широкополосном сигнале через плату видеозахвата с шиной типа PCI и их последующая оцифровка;
- выделение сигнала яркости из видеосигнала трех основных телевизионных стандартов: NTSC, SECAM или PAL;
- обработка поступивших входных данных, вычисление спектральных характеристик с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ) и их отображение на экране монитора в реальном масштабе времени;
- отображение видеосигнала с использованием аппаратных возможностей платы видеозахвата для внесения корректировок в работу системы;
- поиск и синхронизация с активной строкой в кадре видеосигнала, в которой передается полезная информация о сигнале.

Структурная схема системы приведена на рис. 1.

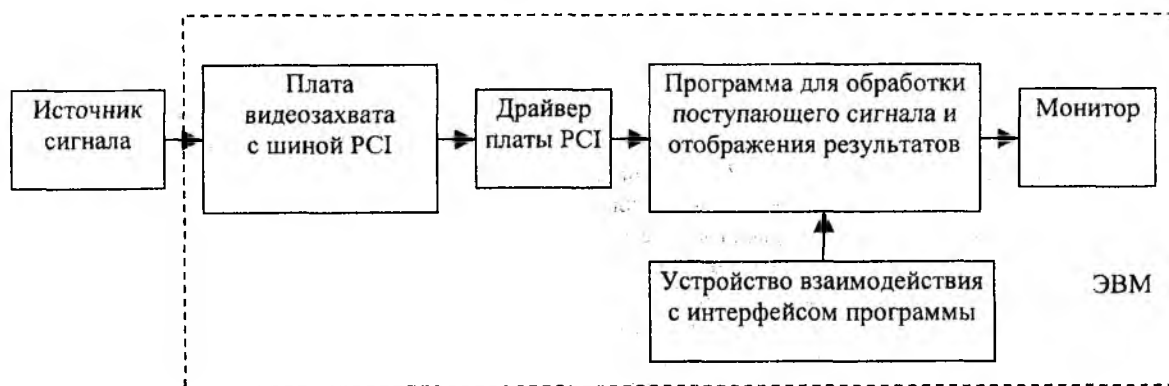


Рис. 1

Ниже рассматриваются пути достижения максимальной функциональности и производительности компьютера при обработке широкополосных видео- и радиосигналов.

Система DKF-V позволяет фиксировать параметры высокочастотного сигнала с максимальной частотой в спектре 1МГц. В основу функционирования системы положен принцип аналого-цифровой обработки сигнала и последующей его обработки с помощью дискретного преобразования Фурье. Почти любая плата ввода-вывода, которыми оборудуются ЭВМ, имеет в своем составе аналого-цифровой преобразователь, работающий на своей заданной частоте. Примером таких плат ввода-вывода являются звуковые карты, видеокарты, телевизионные тюнеры и специализированные платы видеозахвата. Система функционирует как на базе телевизионного тюнера, так и на любой специализированной плате видеозахвата благодаря стандартизированным аппаратному и программному интерфейсам. Быстродействие платы видеозахвата позволяет в реальном масштабе времени обрабатывать сигналы с

широким диапазоном частот и имеет достаточную избирательную способность. Амплитудный диапазон составляет от 0 до 1В, а частотный – от 0 до 6,5МГц.

Сигнал, подаваемый на вход платы видеозахвата, содержит синхросмесь, состоящую из прямоугольных импульсов, задающих начало новой строки и нового кадра видеозахвата. Каждая строка имеет длительность 64мкс. В первые 4мкс строки передается строчный синхроимпульс. Это производится переводом уровня сигнала в 0. Амплитуда видеосигнала изменяется в пределах от 0 до 1В. Уровень 0,3 В соответствует черному цвету, а 1В – белому (яркость серого изменяется между этими значениями). При исследовании спектрально-временных характеристик сигнала драйвер платы видеозахвата переключается в режим приема только черно-белого изображения. При этом яркостный сигнал полученного изображения соответствует поданному на вход видеосигналу. На рис. 2 показана осциллограмма строки видеосигнала.



Рис. 2

Таким образом, для того чтобы сигнал отобразился в целый кадр, необходимо к нему добавить синхроимпульс длительностью 4мкс и периодом 64мкс. Но даже если не придерживаться правил синхронизации, первая строка кадра изображения будет оцифрована и передана для дальнейшей обработки драйверу платы видео-захвата. Это позволяет сохранить в памяти ЭВМ цифровую выборку сигнала по 640 отсчетов с периодичностью 1/25с и рассчитать амплитудно-частотную характеристику сигнала.

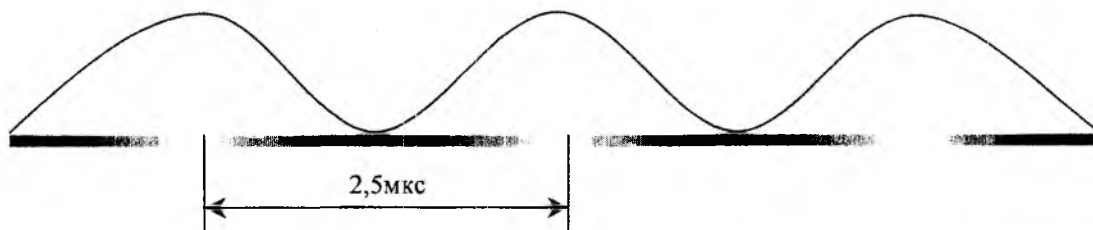


Рис. 3

На рис. 3 приведен вид первой строки в кадре оцифрованного сигнала в случае, когда на вход системы подан синусоидальный сигнал с частотой 400кГц. Каждый отдельный отсчет имеет свой уровень яркости, соответствующий амплитуде входного сигнала.

На рис.4 приведена осциллограмма сигнала и его частотная характеристика при воздействии на входе видеосигнала с синхроимпульсами строчной развертки. Добавление к сигналу синхроимпульсов позволяет сформировать целый кадр видеозахвата и минимизировать потери данных при расчете частотной характеристики.

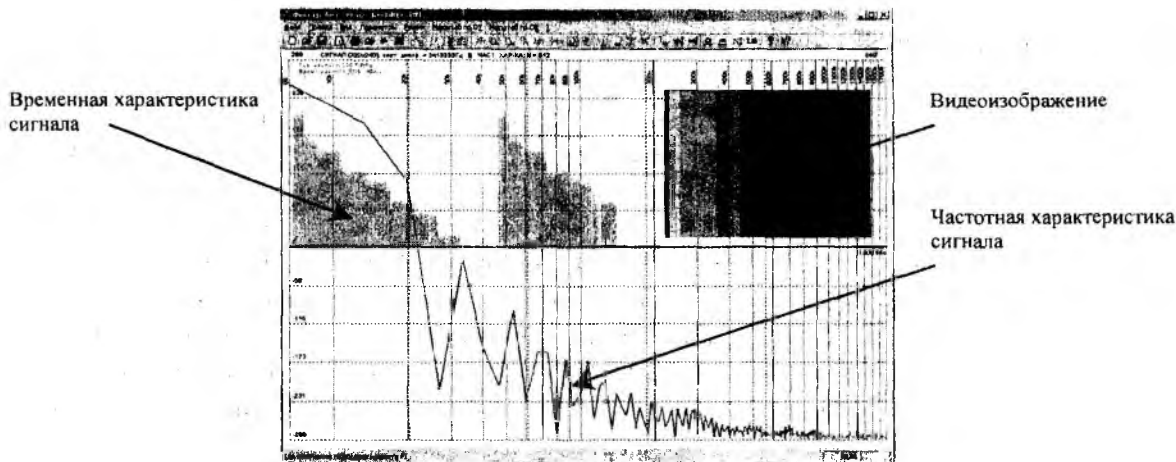


Рис. 4

При формировании черно-белого изображения в плате видеозахвата используется для хранения значения одного цифрового отсчета 2 байта памяти, что соответствует 256 оттенкам серого, а в нашем случае это означает, что динамический диапазон аналого-цифрового преобразования составляет от -128 (0,3В) до +128 (1В), т.е. 256 уровней квантования.

Полученные после дискретизации цифровые отсчеты передаются с помощью драйвера платы видеозахвата подпрограмме обработки поступающего сигнала, которая в первую очередь сохраняет их в специально отведенной области памяти. Объем выделенной памяти согласовывается с размером прямоугольного окна, используемого при вычислении свертки с исходным цифровым сигналом. Быстродействие системы позволяет анализировать сигналы с окном от 64 до 512 отсчетов, которое выбирается, исходя из требуемой точности аппроксимации.

Вычисление дискретного преобразования Фурье производится по формуле (1):

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \exp(-\frac{j2\pi kn}{N}), \quad (1)$$

где $x[n]$ – N-точечная последовательность данных; $X[k]$ – N-точечная последовательность спектральных коэффициентов; N – количество спектральных отсчетов.

Пример функционирования системы DKF-V при поданном на ее вход сигнале синусоидальной формы с частотой 170кГц показан на рис. 5, с частотой 500кГц – на рис. 6.

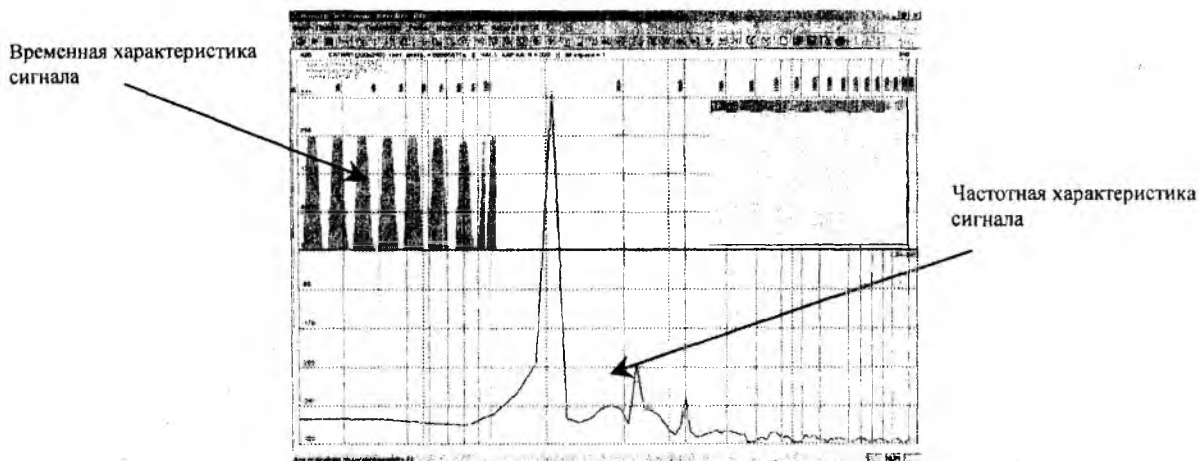


Рис. 5

В зависимости от заданной точности расчета частотной характеристики сигнала выбирается соответствующее значение N , а также размер оцифрованного кадра видеоизображения по горизонтали и вертикали. Например: 320x240, 512x384, 640x480 и т.д. Размер кадра окна по горизонтали должен немного превышать значение N .

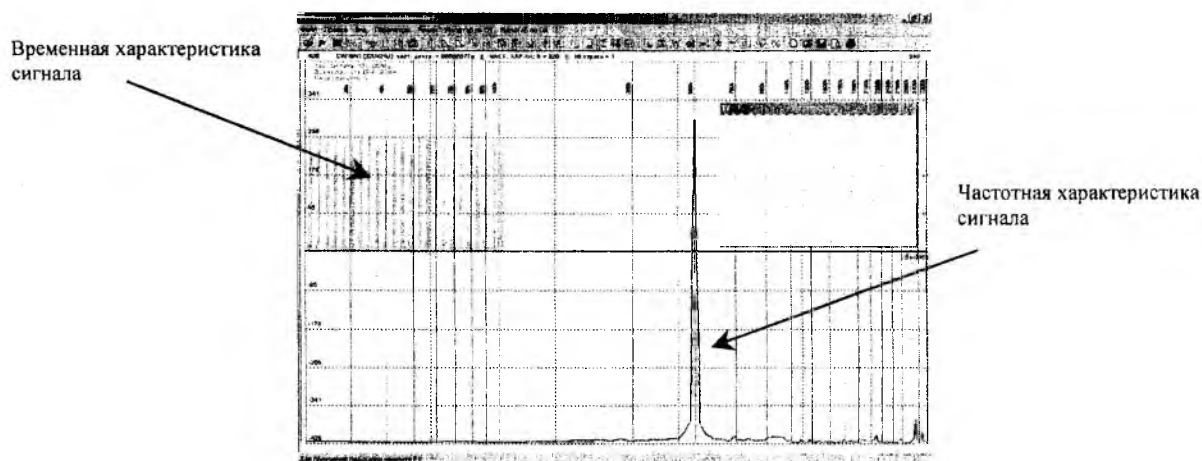


Рис. 6

Время вычисления дискретного преобразования Фурье для различных N на ЭВМ с тактовой частотой 1000МГц составляет: $t_b=5$ мс при $N=128$; $t_b=10$ мс при $N=256$; $t_b=35$ мс (25 кадров/с) при $N=512$.

В некоторых моделях плат видеозахвата опытным путем были отмечены неравномерности амплитудно-частотной характеристики в области низких частот, которые при необходимости могут быть скомпенсированы внесением в программную часть системы частотно зависимого коэффициента поправки АЧХ.

Представленная система иллюстрирует один из способов современных компьютерных технологий в области обработки сигнала на высоких частотах и его доступность широкому кругу пользователей.

Список литературы: 1. Бондарев В.Н., Трёстер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства. Севастополь: Изд-во СевГТУ, 1999. 398 с.: ил. 2. Рабинер Л.Р., Шафер Р.В. Цифровая обработка речевых сигналов. М.: Радио и связь, 1981. 459 с. 3. Горелов Г.В., Ромашкова О.Н., Чан Туан Ань. Качество управления речевым трафиком в телекоммуникационных сетях. М.: Радио и связь, 2001. 112 с.: ил.

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 11.09.2003