

Спектр-2

Инструкция по применению

Введение

Срок службы аппаратуры обработки сигналов по низкой частоте истекает. Имеемые на вооружении демодуляторы, кодопреобразователи и анализаторы не обеспечивают обработку подавляющего большинства сигнально-кодовых конструкций радиоизлучений современных автоматизированных систем связи и управления. Элементная база устарела, частично не выпускается. Ремонт и воспроизводство существующей аппаратуры экономически невыгоден и нецелесообразен.

Решением данной проблемы является разработка виртуальной среды, обеспечивающей возможность быстрой реализации программных версий устройств цифровой обработки по демодуляции, обработке кодовых конструкций радиосигналов со сложным частотно-фазовым созвездием, с адаптивно-изменяемой структурой. Разработка такой среды позволяет, не меняя в целом аппаратного парка, быстро производить модернизацию комплексов радиоразведки за счет смены соответствующего программного обеспечения в ПЭВМ.

Представленный пакет программ постоянно дополняется новыми виртуальными приборами, хранимыми в базе данных виртуальной среды.

1. Разработка версии виртуальной среды, предоставляющей оператору возможность разработки новых и модернизации старых устройств обработки радиосигналов со сложной сигнально-кодовой структурой

В качестве основы версии виртуальной среды "Спектр 2" использованы принципы и наработки, примененные в программе "RTSystem", входящей в аппаратно-программный комплекс "Спектр". При этом в обязательном порядке учитывался накопленный международный и отечественный опыт, а также применены новые принципы и подходы к разработке программных продуктов такого уровня.

1.1. Параметры и функциональные возможности виртуальной среды "Спектр 2"

Программный комплекс содержит:

- удобный графический редактор, позволяющий манипулировать всеми модулями комплекса;
- универсальное ядро;
- набор высокоскоростных функций, производящих обработку сигналов во временной и в частотной области, функции работы с комплексными числами, а также устройства обработки битовых (в том числе и байт-выровненных) данных;
- спектроанализатор;
- осциллограф;
- инструмент для построения фазового созвездия и определения основных параметров принятого сигнала, включая модуль статистического анализа;
- модуль построения зависимости мощности сигнала от времени и частоты во всем диапазоне принимаемых частот (сонограмма);
- модуль исследования битовых потоков;
- модуль работы с базой данных в полуавтоматическом и автоматическом режимах;
- модули взаимодействия с аппаратной частью комплекса, включая полную поддержку разработанного приемного устройства, а также поддержку нескольких звуковых плат, различных плат ввода данных, управление приемными устройствами AR3000 и AR5000.

Спектроанализатор позволяет:

- выводить спектрограммы сигнала при задаваемом диапазоне частот, при задаваемой длине выборки;
- отображать отрицательные частоты для аналитического (комплексного) сигнала, поступающего с приемника;
- усреднять данные за задаваемое оператором время;
- автоматически и в ручном режиме следить за уровнем сигнала;
- использовать линейный и логарифмический масштаб по оси частот;
- выделять (вырезать) участки для их последующего запоминания в отдельном файле, либо немедленной обработки;
- строить огибающую спектра, используя все или часть данных из файла;
- настраивать приемники.

Осциллограф позволяет:

- выводить осциллограммы при различных развертках по времени и напряжению;
- наложение нескольких осциллограмм и их перемещение по экрану;
- автоматически размещать осциллограммы на экране для удобства исследования;
- получать глаз-диаграммы;
- производить абсолютные и относительные измерения.

Модуль построения фазового созвездия позволяет:

- определять основные параметры принятого сигнала в отложенном режиме;
- производить обработку по различным алгоритмам;
- задавать частоту и фазу опорного генератора;
- выводить на экран фазовый портрет сигнала и гистограммы распределения основных его параметров;
- автоматически определять и подстраивать частоту опорного генератора;
- автоматически или “вручную” определять длительность импульсов в принятом сигнале;
- отображать плотность скопления точек.

Модуль построения зависимости мощности сигнала от времени и частоты (**сонограмма**) дает возможность оператору производить анализ радиообстановки во

всем принимаемом диапазоне. Применяемое разрешение по частоте (до 0,125 кГц) позволяет проводить первичную идентификацию типа излучения.

Среда, обеспечивающая сборку системы, спроектирована таким образом, что предоставляет оператору возможность быстро и качественно создавать, настраивать и отлаживать радиотехнические системы, обеспечивающие максимально полную обработку цифровых радиосигналов.

Основной принцип построения моделей – это создание набора дискретных блоков – виртуальных устройств и предоставление оператору возможности сборки из них работоспособной радиотехнической системы для решения конкретной задачи.

Создан достаточно полный набор устройств, поддерживающий возможность модернизации и настройки. Интерфейс настройки параметров максимально унифицирован, содержит пояснения и рекомендации и, в тоже время, интуитивно понятен.

Предоставлен набор виртуальных приборов графического отображения обрабатываемых данных.

Рассмотрим подробнее виртуальные устройства различного типа.

1.2. Виртуальные устройства, работающие на разных этапах обработки сигнала

Современные системы связи весьма сложны. Поэтому для их моделирования необходимо детально рассматривать все процессы, происходящие на всех участках канала связи. В связи с этим пользователю предоставлена возможность исследовать различные тракты канала связи с максимально возможным приближением модели к реальным условиям. Виртуальная среда поддерживает различные режимы работы и содержит базовые наборы устройств, работающие как на различных тактовых частотах, так и в различных областях.

При наличии нескольких сотен виртуальных устройств необходимо объединять их в классы по различным критериям. Виртуальные устройства собраны в базовые наборы по схожести выполняемых ими действий, по области использования, по типу обрабатываемых данных, по сложности выполняемой ими обработки.

Оператору предоставлен удобный и быстрый поиск нужного виртуального устройства. Для этого общий набор устройств предоставляется в иерархической форме

– в виде дерева. Основным критерием разделения первого уровня является область применения. Устройства могут работать на высокой частоте при обработке сигнала, непосредственно принимаемого с эфира или принятого ранее. Другие виртуальные устройства служат для демодуляции и декодирования данных, третьи обеспечивают преобразование сигнала в битовый поток, далее этот поток также требуется обработать, для чего создается еще один набор.

Рассмотрим подробнее все этапы цифровой обработки сигналов и используемые для этого виртуальные устройства.

1.2.1. Устройства, работающие на высокой частоте

Часто требуется рассмотреть сигнал, принятый непосредственно с эфира, при этом моделирование канала связи происходит на высокой частоте следования отсчетов. Интересны процессы подавления многолучевости, компенсации искажений, внесенных каналом связи, замираний и эхокомпенсации, устройства автоматической регулировки усиления (АРУ). Пользователю предоставлена возможность так называемой псевдоаналоговой обработки. Иными словами, сигнал формально является цифровой записью, но, в тоже время, практически может быть рассмотрен как непрерывный по времени аналоговый сигнал. При таком подходе обеспечивается оптимальное моделирование процесса приема.

Базовый набор устройств, работающих на описываемом этапе включает в себя виртуальные устройства, обеспечивающие ввод данных в среду. К ним относятся устройства работы с файлами данных. Обеспечена поддержка файлов различных форматов, таких как:

- файлы АЦП системы "Спектр";
- звуковые файлы, причем, как моно, так и стерео;
- файлы с текстовыми данными, записанные в устаревших программных средствах;
- файлы бинарных данных, не содержащие заголовка. При этом требуется обеспечить оператора возможностью в диалоговом режиме задавать параметры файла;
- файлы, записанные комплексом "Анализ".

Поддержка иных файлов возможна при наличии описания формата.

Наличие в комплексе аппаратных средств поддержано виртуальными устройствами, работающими с соответствующими драйверами. На текущий момент

поддержана параллельная работа до 6-ти стандартных звуковых плат, что позволяет вводить в компьютер по звуковой частоте до 12-ти каналов. Поддержан тракт аналого-цифрового преобразования и ввода данных в персональный компьютер, а также устройства высокоскоростной обработки данных на программируемой логике.

Так же, при наличии в комплексе приемника, поддерживающего управление с компьютера, имеется возможность полностью поддержать такое управление.

Для обеспечения обработки и моделирования на высокой частоте в среду встроено ряд виртуальных устройств, обеспечивающих генерацию сигналов различного типа. К таким устройствам относятся генераторы гармонических колебаний, генераторы импульсов, пилообразного напряжения, генераторы шумов, управляемые генераторы, а также генераторы сигналов задаваемой оператором формы.

Еще один класс устройств – это фильтры. В систему встроено набор готовых фильтров, таких как:

- фильтры нижних частот (ФНЧ) разного типа;
- фильтры верхних частот (ФВЧ) разного типа;
- сглаживающие фильтры;
- согласованные фильтры;
- полосовые фильтры (ПФ);
- режекторные фильтры (РФ).

Для предоставления оператору возможности создавать фильтры заданного типа с заданными параметрами и характеристиками в программный пакет входит модуль, обеспечивающий расчет различных фильтров. При этом параметры фильтра могут быть как постоянными, так и динамически меняющимися в зависимости от ситуации, обусловленной особенностями приема сигнала. Обеспечен расчет фильтров с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ), с конечной импульсной характеристикой (КИХ). К устройствам с КИХ относятся ФНЧ, ФВЧ, ПФ, РФ, а также преобразователь Гилберта, дифференциатор, фильтры с задаваемой амплитуднофазочастотной характеристикой (АФЧХ).

К виртуальным устройствам, работающим на высокой частоте, относится и базовый набор простых устройств, таких как сумматор, перемножитель, усилитель, усилитель-ограничитель, различные компараторы, инвертор, интегратор, дифференциатор, линии задержки и т.п. А также виртуальные устройства, выполняющие математические функции, включая комплексную арифметику.

Все описанные выше устройства работают во временной области (в том числе и в комплексном виде) и производят обработку реального сигнала, т.е. по соединителям за один такт проходят отсчеты входных данных.

В тоже время, для моделирования процессов, протекающих в радиолиниях, а также для обработки принимаемых сигналов в виртуальную среду включен базовый набор специальных устройств, работающих в частотной (спектральной) области.

К устройствам, работающим на высокой частоте, предъявляются довольно жесткие требования. Необходимо обеспечить максимально возможное быстродействие, позволяющее обрабатывать сигналы в режиме реального времени. Для этого все критичные к скорости процедуры и функции реализованы с применением отлаженных, оптимизированных и адаптированных к особенностям персонального компьютера алгоритмов на языке машинного программирования – Ассемблер. При реализации учитывались рекомендации фирм-производителей процессоров и оборудования по оптимизации работы с аппаратной частью персонального компьютера.

1.2.2. Устройства, работающие на промежуточной и низкой частотах для демодуляции и декодирования

Принятый и обработанный сигнал требуется демодулировать и декодировать. Работа демодуляторов производится все еще на высокой частоте следования отсчетов. Следовательно, к демодуляторам предъявляются все требования, описанные в 1.2.1. А вот дальнейшая обработка производится уже на меньшей частоте следования отсчетов.

При этом виртуальная среда содержит необходимые для переоцифровки сигналов виртуальные устройства – тактовые генераторы, а также демодуляторы, включающие в себя механизмы тактовой синхронизации на пониженной частоте.

Для повышения быстродействия и рационального использования вычислительных ресурсов компьютера работа всех устройств спроектирована таким образом, чтобы те из них, которые работают на меньших частотах, не занимали вычислительных мощностей – так называемое исключение холостого хода. Это достигается целым набором технических решений. Одним из них является предоставление возможности введения для ряда виртуальных устройств тактируемого входа. Используются механизмы так называемой параллельной многопоточности, предоставляемые ядром операционной системы. При таком подходе код устройств,

работающих по внешнему такту, располагаются в потоках, не занимающих ресурсов процессора при отсутствии тактового импульса, а выполняется лишь за короткое время при его наличии.

Компилятор собранной системы корректно обрабатывает соединения с тактируемые устройствами и блокирует передачу данных между устройствами, работающими на различных скоростях при отсутствии тактового импульса.

В процессе демодуляции современных сигналов со сложной сигнально-кодовой структурой (СКК) целесообразно применять алгоритмы использующие комплексные числа. Таким образом, в систему разработки включен базовый набор виртуальный устройств, работающих в комплексном виде. Причем не только простейшие сумматоры и перемножители, но и устройства, поддерживающие основные математические функции, включая тригонометрические. Устройства такого типа передают данные по соединителю за один такт в виде комплексного числа, т.е. совокупности реальной и мнимой части.

Базовый набор демодуляторов не так велик. Это объясняется тем, что принципов модуляции, разработанных на настоящее время не так уж много. Основными из них являются амплитудная, частотная, угловая (фазовая), квадратурно-амплитудная, импульсная, широтно-импульсная модуляции и др. При цифровой передаче информации чаще говорят не о модуляции, а о манипуляции, т.е. о манипулировании одним или несколькими физическими параметрами радиосигнала в зависимости от передаваемой цифровой информации. С точки зрения обработки это не является критичным. Разработанный принцип построения тракта обработки сигналов позволяет выделить устройства демодуляции в отдельный класс. Работа этих устройств сводится к получению реального или, чаще, комплексного аналитического сигнала. Дальнейшую обработку производят устройства следующего класса – декодеры, преобразующие такой сигнал в цифровые данные.

Следовательно, после демодуляции сигнал необходимо декодировать. К сожалению, сложность и разнообразие современных систем передачи информации породило такое разнообразие кодеров-декодеров (кодеков), что предоставление оператору полного набора виртуальных декодеров практически не предоставляется возможным.

В тоже время, основные принципы демодуляции-декодирования не так разнообразны и основываются на базовых представлениях о преобразовании радиосигнала в цифровой битовый поток.

Следовательно, во-первых, в среду разработки внесены базовые устройства, предоставляющие возможность из дискретных элементов собирать различные виртуальные декодеры.

Во-вторых, ряд уже изученных систем связи и накопленный опыт позволили дополнить среду разработки уже готовыми, законченными виртуальными устройствами, предназначенными для демодуляции и декодирования информации ряда существующих систем связи. Унифицированная структура предоставляет оператору возможность их модернизации путем изменения соответствующих документированных настроек.

В-третьих, пользователю, даже владеющему лишь основами программирования, предоставляется возможность создавать собственные демодуляторы и декодеры.

При таком подходе даже при появлении новых систем передачи информации виртуальная среда не теряет своей актуальности, и реагирование на динамически изменяющиеся системы связи происходит максимально оперативно и с минимальными затратами.

1.2.3. Устройства битовой обработки

В процессе декодирования требуется обрабатывать битовые потоки данных, а также данные, представленные в виде бинарных чисел различной разрядности. Для этого в системе имеется базовый набор устройств битовой обработки, которые подробнее описаны ниже.

1.2.4. Служебные устройства выделения параметров сигналов и индивидуальных признаков объектов

Помимо устройств, обеспечивающих прием, демодуляцию и декодирование данных, разрабатываемая среда укомплектована специальными виртуальными устройствами, предназначенными для выделения физических и структурно-временных параметров сигналов.

Сохранение таких параметров в базе данных (БД) позволяет производить классификацию и идентификацию как сетей связи в целом, так и конкретных объектов.

Разработка универсальных виртуальных устройств, выделяющих **физические** параметры достаточно затруднена из-за различия характерных особенностей, обусловленных спецификой конкретных систем передачи информации. Возможно

лишь предоставление стандартных блоков, измеряющих базовые параметры сигнала, такие как несущая частота, фаза, символьная скорость и т.п. А также предоставить набор дополнительных дискретных блоков, позволяющих оператору собирать модули, адаптированные к конкретной системе передачи данных.

Для сохранения выделенных физических параметров система укомплектована устройствами, обеспечивающими связь с базами данных в универсальном формате. Поскольку физические параметры – это реальные числа, то в базу данных все они записываются в виде чисел с плавающей десятичной точкой удвоенной точности.

Измерение и обработка **структурно-временных параметров** (СВП) более подвержена унификации. Это объясняется тем, что виртуальные устройства, выделяющие СВП, работают с битовыми потоками, выделенными после демодуляции и декодирования различных входных данных, т.е. инвариантны к особенностям системы передачи данных на высокой частоте.

Для выделения СВП разработан набор универсальных виртуальных устройств. К ним относится устройство-анализатор, предназначенное для обнаружения и оценки длительностей полей сигналов с произвольной задаваемой структурой с поддержкой последующей передачей параметров на запись в БД.

Устройство обнаруживает участок сигнала заданной структуры, либо принимает решение об его отсутствии. При необходимости измеряет длительность регулярных участков, например, меандр или последовательность двоичных нулей или единиц. Оператору также предоставляется возможность настроить не только шаблоны конкретных участков потока, но и определить последовательность следования этих участков, что также играет роль в принятии решения о классификации и идентификации излучений.

Формат полей и структура сеансов передачи задается пользователем при настройке модуля и сохраняется в файле настроек, что обеспечивает возможность хранения настроек анализатора для различных протоколов связи.

Анализ предоставленных сигналов радиолиний выявил необходимость учитывать при обнаружении и оценке форматных полей следующие предпосылки:

- наличие кратковременных помех обуславливает единичные ошибки в демодулированном потоке;
- наличие замираний приводит к появлению в потоке пачек ошибочных битов длиной от нескольких единиц до нескольких десятков;

- замирания могут привести к сбою системы выделения тактовой синхронизации, что выражается в отсутствии синхротакта в течение нескольких десятков тактовых интервалов.

Это потребовало адаптации алгоритма поиска и оценки в описываемой новой версии. Кроме того, новая версия позволяет работать с чистым битовым потоком. В этом случае анализатор работает по синхротактам.

Как и прежде, устройство поддерживает передачу выделенных параметров во внешнюю базу данных посредством механизма ADO, но в новой версии это осуществляется и напрямую через динамическую библиотеку, содержащую функции доступа к данным и подключаемую при инициализации системы. Возможно также осуществлялась передача посредством устройств работы с БД.

Поддерживается также запись в текстовый файл в так называемом формате CSV (Comma Separated Values – формат записи значений с разделением запятыми) для удобства просмотра в текстовых редакторах и электронных таблицах.

1.3. Архитектура программного комплекса

Разрабатываемая виртуальная среда является частью комплекса радиоразведки, укрупненная схема которого приведена на Рис. 1.1



Рис. 1.1 Укрупненная схема комплекса

Описанные выше различные виртуальные устройства в совокупности являются мощным универсальным механизмом обработки сигналов. Но для создания виртуальной радиотехнической системы из дискретных компонентов необходимо обеспечить оператора возможностями ее сборки, настройки и отладки.

Следовательно, среда содержит оболочку, включающую в себя основное ядро, мощный графический редактор, инструменты графического отображения, компилятор, отладчик и модули, отвечающие за связь как с другими программными пакетами разрабатываемого комплекса, так и с программными пакетами сторонних фирм.

Иными словами, основным принципом построения программного комплекса является открытость его архитектуры.

Как уже отмечалось, за основу взяты основные разработки и часть функционально законченных модулей программы "RTSystem". В тоже время, реализованы новые функциональные возможности. А также полностью переработано ядро программных модулей.

Виртуальная среда работает под управлением унифицированного автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора, обеспечивающего управление как комплексом в целом, так и отдельными его частями. В тоже время, как и практически все программные модули, входящие в состав комплекса радиоразведки, виртуальная среда может использоваться как автономное приложение.

Ядро поддерживает как новые устройства, так и устройства старого образца. При таком подходе на ранних этапах разработки отпадает необходимость в переработке и модернизации существующих библиотек виртуальных устройств. А собранные из них системы обработки данных остаются работоспособны.

Для поддержки старых систем разработан автоматический конвертер, не требующий вмешательства пользователя.

В процессе работы были исследованы данные, предоставленные конечными операторами, работающими с бета-версией программы "RTSystem". Обобщив эту информацию, реализованы новые функциональные возможности.

К ним относятся:

- Поддержка пользовательских устройств, имеющих различные области работы. Например, устройство обработки комплексных чисел с поддержкой как комплексного входа, так реального и битового.

- Количество входов и выходов ограничено 255-ю, что с избытком должно удовлетворить потребности разработчиков и операторов
- Поддержка "висящих" входов и выходов. В случае "висящего" входа компилятор выдает предупреждение, так как это может привести к не совсем корректной работе виртуального устройства. Для выходов предупреждения не выдаются.
- Предоставление оператору возможности задавать размеры рабочего поля в широких пределах. Так, для создания небольшой системы обработки, требуется значительно меньшее поле, нежели для более сложной. Такой подход значительно рациональнее использует ресурсы компьютера.
- Доработка универсальных контроллеров управления устройствами в процессе обработки данных виртуальной системой.

В разработанной программе поддержано взаимодействие со следующими программными пакетами:

- MathCAD (углубленное исследование данных и математическое моделирование);
- PaintBrush (обработка графических данных);
- WinWord (как на файлах текстового формата, так и через буфер обмена);
- Excell (таблицы различных форматов и непосредственный импорт);
- Анализ (для подробного изучения сигналов);
- Code-300 для обработки сигналов через звуковую плату;
- Класс программ, позволяющих обрабатывать данные, представленные в виде звуковых файлов стандартного формата.

В процессе работы реализован механизм обмена данными посредством специально разработанной динамической библиотеки, умеющей выделять память компьютера, глобальную для всех приложений, входящих в комплекс.

1.3.1. Ядро виртуальной среды

Основными требованиями, предъявляемыми к ядру виртуальной среды являются надежность и высокое быстродействие.

При программировании напрямую использовались функции операционной системы без каких бы то ни было надстроек, как правило содержащих ошибки. Следует

отметить, что при таком подходе неизбежно возрастает время разработки. Однако, полученное таким образом ядро является наиболее устойчивым и подконтрольным.

Основными функциональными возможностями ядра виртуальной среды являются:

- обеспечение связи между модулями среды;
- поддержка работы в операционной системе;
- поддержка всех встроенных виртуальных устройств;
- поддержка пользовательских виртуальных устройств из подключаемых библиотек;
- динамическое подключение и отключение библиотек;
- обеспечение графического пользовательского интерфейса;
- поддержка связи с другими программными модулями;
- поддержка работы по локальной сети;
- запуск всех инструментов виртуальной среды;
- поддержка динамических массивов памяти, необходимых для компиляции, отладки и работы собираемых виртуальных систем.

Также ядро обеспечивает возможность построения автономных исполнимых модулей, которые можно использовать как узкоспециализированные виртуальные приборы.

Ядро виртуальной среды разработано по объектно-ориентированной технологии программирования. Для своей работы использует только функции ядра операционной системы, не затрагивая графические функции. Для создания удобного графического интерфейса разработан графический редактор виртуальных систем.

1.3.2. Функциональные возможности графического редактора

Основным требованием, предъявляемым к графическому редактору, является обеспечение им удобного инструментария для сборки и редактирования виртуальных систем.

Основные функциональные возможности графического редактора:

- соединение устройств и их разъединение как вручную, так и автоматически;
- блокировка соединений несовместимых устройств;
- проверка корректности соединений;

- предоставление возможности настройки параметров собираемой виртуальной системы;
- возможность настройки параметров устройств, включая поддержку изменений параметров во время работы системы;
- поддержка объединения собранных блоков в автономные макромодули и обеспечение возможности их редактирования в отдельных окнах;
- обеспечение оператора различными встроенными инструментами и функциями, позволяющими частично автоматизировать процесс сборки виртуальных систем.

Графический интерфейс также реализован по объектно-ориентированной технологии программирования. Разработан и реализован специальный класс графического редактора, отвечающий за связь класса ядра с графическим интерфейсом пользователя.

1.3.3. Создание пользовательских устройств

Как утверждалось выше, оператор, желающий создавать собственные пользовательские устройства, может воспользоваться любой средой программирования и руководствоваться поставляемой документацией.

Для совместимости и удобства разработчиков принципы создания пользовательских устройств практически не изменились. Упразднены многие ненужные входные точки процедуры устройства, а также минимизирован набор флагов. Основные действия по поддержке пользовательских устройств теперь выполняет ядро программы. Для этого разработан и реализован специальный интерфейсный объектно-ориентированный класс поддержки виртуальных устройств, являющийся связующим звеном между классом ядра и собственно устройством.

Помимо руководства разработчика среда комплектуется рядом уже готовых примеров исходного кода различных устройств с подробным описанием и комментариями.

1.3.4. Инструменты графического отображения обрабатываемых данных

Для полноценного исследования и моделирования систем передачи информации виртуальная среда укомплектована различными инструментами графического

отображения. Помимо усовершенствованных стандартных осциллографа и спектроанализатора создан ряд специальных инструментов. К ним относятся:

- окно отображения сонограммы – зависимости амплитуды (или мощности) сигнала от времени и частоты;
- окно вывода битовой (символьной) информации при пакетной обработке выделенных битовых потоков данных;
- окно вывода панорамы частот для проведения измерений характеристик приемника;
- окно изучения фазового портрета сигнала.

Основными достоинствами инструментов графического вывода являются высокая информативность, наглядность отображаемых данных, высокая скорость прорисовки.

В процессе разработки программного комплекса был создан ряд базовых программных модулей, позволяющих максимально эффективно использовать графический интерфейс, предоставляемый операционной системой (ОС). Обращение к функциям ядра ОС оптимизировано таким образом, что вывод графики занимает не более 10-15% вычислительных ресурсов при работе виртуальной среды.

Функциональные возможности инструментов графического вывода обрабатываемых данных:

- настройка режимов отображения;
- поддержка возможности снятия результатов с экранов виртуальных приборов;
- применение маркеров;
- предоставление текстовых полей для отображения числовой информации, соответствующей текущему состоянию системы и положению маркера;

Если в устройстве, создаваемом пользователем, требуется обеспечить какой-либо вывод графической информации, то в виртуальной среде обеспечивается соответствующую поддержка и предоставлен механизм связи для интеграции пользовательских инструментов вывода графики в интерфейс виртуальной среды.

1.4. Интерфейс программы "Спектр 2"

Интерфейс разрабатываемой среды удобен и интуитивно понятен. По возможности максимально сохранено сходство с интерфейсом предыдущих версий.

Обеспечен простой доступ ко всем функциям среды, возможность управлять разрабатываемой виртуальной системой, настраивать рабочее поле и отображение устройств на нем.

Для обеспечения стандартного вида программы использован и в полной мере поддержан так называемый многодокументный интерфейс, предоставляемый операционной системой. При таком подходе рабочее поле и графические инструменты представлены в виде перекрывающихся окон, содержащихся в одном главном окне.

Основное окно содержит продуманное меню, обеспечивающее оператора функциями настройки и управления. Часто используемые команды объединяются в так называемую панель управления, выполненную в виде виртуальных кнопок.

Пользователь обеспечен оперативной справочной информацией, выводимой в строку состояния и, при необходимости, в виде диалоговых окон и всплывающих подсказок, а также в окне протокола работы.

Виртуальная среда содержит структурированную справочную систему, выполненную в виде гипертекстового электронного документа и поддерживающее как вызов справки в конкретном контексте, так и справочную информацию по запросу оператора.

К функциональным возможностям интерфейса следует отнести управление ядром виртуальной среды, обеспечение связи со внешними приложениями, обеспечение различных режимов работы оператора, а также возможность сохранения и загрузки текущего состояния работ по созданию виртуальных систем в виде файла проекта.

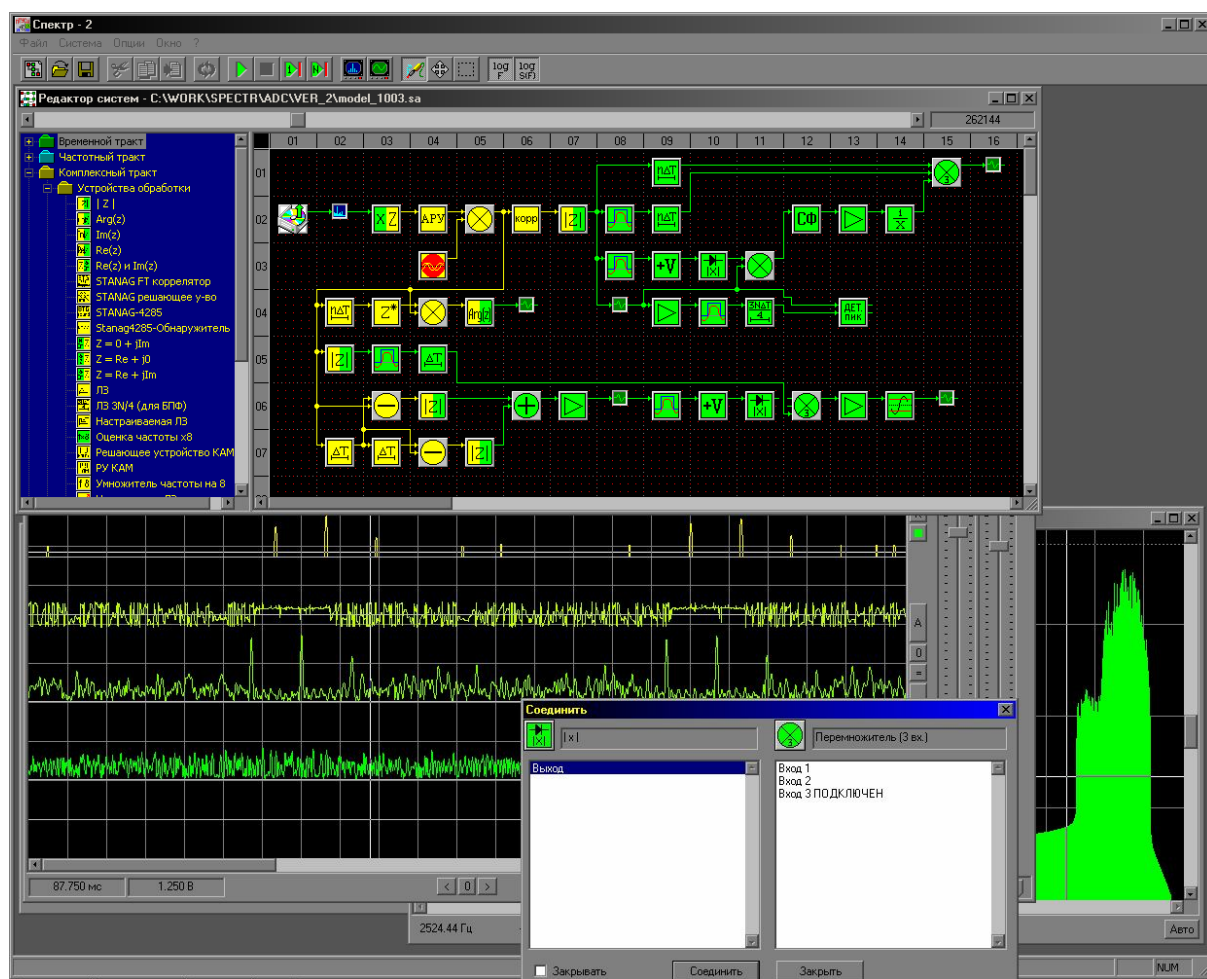


Рис. 1.2 Общий вид интерфейса программы "Спектр 2"

Устройства работы с целочисленными (битовыми) данными

Как уже было сказано, в процессе декодирования требуется обрабатывать битовые потоки данных, а также данные, представленные в виде бинарных чисел различной разрядности. Целесообразно интегрировать этот процесс в виртуальную среду "Спектр 2", что обеспечивает наиболее наглядное представление процесса обработки сигналов. Также это позволяет углублять обратные связи по решению, что в свою очередь позволяет строить более устойчивые к искажениям и шумам виртуальные устройства обработки. Немаловажным является и то, что отпадает необходимость в синхронизации различных программных процессов.

В системе разработан базовый набор устройств битовой обработки.

При этом следует отметить, что разрабатываемая система не претендует на дублирование известных программных пакетов, предоставляющих возможность схемотехнического моделирования цифровых устройств, а направлена на обеспечение

оператора набором виртуальных средств, обеспечивающих непосредственное декодирование и обработку принимаемых с эфира данных (системотехническое моделирование).

Для обработки цифровых сигналов, представленных в виде битового потока разработан формат передачи таких данных. За каждый такт системы передается одно 32-х битный регистр следующей структуры:

биты	32	31 - 30	29 - 25	24 - 1
описание	такт	резерв (2 бита)	количество бит	биты: 1-первый по времени

Самый старший бит несет в себе информацию о том, являются ли передаваемые в регистре значения значимыми. Если он сброшен, то устройство не рассматривает оставшиеся поля и ничего не делает, что значительно разгружает ресурсы компьютера. Биты 30 и 31 зарезервированы для возможной дальнейшей модернизации технологии передачи. При разработке пользовательских устройств на данном этапе должны быть установлены в 0. В пяти битах 25-29 содержится информация о количестве передаваемых битов данных, а в младших 24 битах содержатся собственно передаваемые данные. При этом биты считаются с младшего к старшему. Младший - первый пришедший по времени. Значимых информационных бит должно быть столько, сколько заявлено в битах 25-29.

При такой технологии передачи достигается возможность передавать за один такт системы более одного бита. Иными словами, для систем передачи информации, использующих сложные СКК с низкой частотой оцифровки, за один символ может передаваться несколько бит, причем, не обязательно фиксированное количество. Например, при оцифровке сигнала КАМ-12 с частотой 3 отсчета системы на один информационный символ передается либо 3, либо 4 бита информации. Описанный механизм позволяет обеспечить передачу таких битовых потоков.

Для передачи декодированных битов регистр будет выглядеть так:

в моменты принятия решений:

для передачи 3-х бит:

1 00 00011 000000000000000000000000xxx,

для 4-х бит:

1 00 00100 000000000000000000000000xxxx,

здесь X – принимаемые биты

в остальное время:

0 ?? ????? ?????????????????????

после проверки старшего бита остальные просто не рассматриваются.

Описанный механизм имеет еще ряд преимуществ. Помимо непосредственной передачи битового потока демодулированного сигнала имеется возможность вводить в виртуальную среду данные с плат высокоскоростного ввода битовых потоков.

Также этот механизм может быть использован для моделирования систем, основанных на программируемой логике с использованием целочисленных вычислений различной разрядности. Например, перемножитель с фиксированной точкой и разрядностью 12 получает на вход два значения в следующем формате:

1 00 01110 000000000000xxxxxxxxxxxx

а на выходе:

1 00 11000 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

если не имитируется сдвиг вправо или

1 00 01110 000000000000xxxxxxxxxxxx

если имитируется.

При разрядности более 12 бит моделирование возможно только с имитацией сдвига после перемножения.

В систему включены устройства записи битовых данных в файл, устройства преобразования битовых данных в байт-выровненные, а также устройство отображения битового потока в виде фотограммы (кодограммы) с задаваемым периодом.

В тоже время, для известных систем передачи, например STANAG-4285, система содержит и более сложные устройства, такие как аддитивный скремблер и дескремблер с задаваемыми параметрами решетчатые кодеры и декодеры, сверточные кодеры и декодеры, устройства снятия относительного кодирования.

Для работы с файлами битовых данных разрабатываемый комплекс содержит ряд инструментов, позволяющих исследовать записанные ранее битовые потоки, выделять закономерности, анализировать промежуточные результаты, предоставлять возможность редактирования и отображения в различных режимах.

Современные линии связи как правило используют в своей структуре различные помехозащитные кодеры-декодеры. В программу внесен набор устройств различных кодов, исправляющих ошибки.