**Устройство управления, коммутации и сопряжения цифровых/аналоговых интерфейсов.**

**Крапивьянов М.А., Кашевкин А.А.**

*(СКУ им. М. Козыбаева)*

Успешное решение задач управления невозможно без наличия современной, хорошо организованной и надежно действующей связи, от состояния которой зависит своевременность и эффективность выполнения поставленных задач. [1]

Однако, помимо укомплектования организаций средствами связи, необходимыми для выполнения поставленных задач, крайне важным факторов является достижение высокой эффективности работы личного состава, а именно: обеспечение полного взаимодействия личного состава между собой (внутренняя связь), а так же обеспечение доступа личного состава к средствам связи для осуществления взаимодействия с внешними абонентами. [2] Это особенно актуально для операторов радиостанций, которые зависят от своевременного и эффективного обмена информацией для координации своих действий и действий причастных подразделений.

В этой связи, разработка устройства, которое бы обеспечивало функции внутренней служебной связи и эффективное распределение ресурсов между операторами радиостанций, является крайне важной задачей. [3]

В данной статье будет рассмотрено Устройство управления, коммутации и сопряжения цифровых/аналоговых интерфейсов (далее по тексту – устройство, УУКС), разрабатываемое в рамках проекта диссертации.

УУКС относится к радиотехническим избирательным устройствам и предназначено для соединения одной или нескольких соединительных линий с группой абонентских линий, для сопряжения сигналов в аналоговой и дискретной формах, получаемых от внешних средств связи, а так же для организации внутренней (служебной) связи.

Базовый набор функций, выполняемых УУКС:

- ведение внутренней служебной связи между блоком радиста, блоками абонентскими и телефонным аппаратом;

- ведение телефонной связи через любую из подключённых к УУКС радиостанций;

- ведение связи в режиме обмена цифровым трафиком персонального компьютера с любой из подключённых к УУКС радиостанций;

- ретрансляция речевого трафика между радиостанциями;

- сопряжение речевых трактов радиостанций с внешней шифровальной аппаратурой;

-  мониторинг нескольких радиосетей одновременно: прослушивание аудио трафика всех/нескольких радиостанций, подключённых к УУКС одновременно (режим микширования);

-  передача речи, произносимой в микротелефонную гарнитуру блока абонентского (радиста) или телефонного аппарата всеми/несколькими радиостанциями, подключёнными к УУКС, одновременно (групповой широковещательный режим);

- использование одного средства связи несколькими операторами одновременно. Данная возможность позволяет использовать одну физическую радиостанцию в качестве нескольких виртуальных, работающих на одной частоте в симплексном режиме. Процедура её использования в данном случае становится аналогичной работе нескольких радиостанций в одной сети (один передаёт, все остальные слышат);

- выбор средств связи, используемых вынесенным телефонным аппаратом, с помощью набранных на нём комбинаций, вне зависимости, от ранее предоставленных ему ресурсов с помощью органов управления УУКС;

- посылка индивидуального и циркулярного служебного вызова операторам блоков абонентских и блока радиста или внешнего телефонного аппарата;

- объективный контроль каждым оператором блоков абонентских и блока радиста за распределением ресурсов средств связи (кем и в каком режиме используются средства связи, подключенные к УУКС);

- звуковая сигнализация входящего служебного вызова;

- оптическая индикация информации о номере входящего служебного вызова (помимо звуковой индикации, во время приёма вызова есть возможность узнать кто из членов экипажа (внешняя линия) посылает данный вызов).

Структурная схема устройства приведена на Рисунке 1.

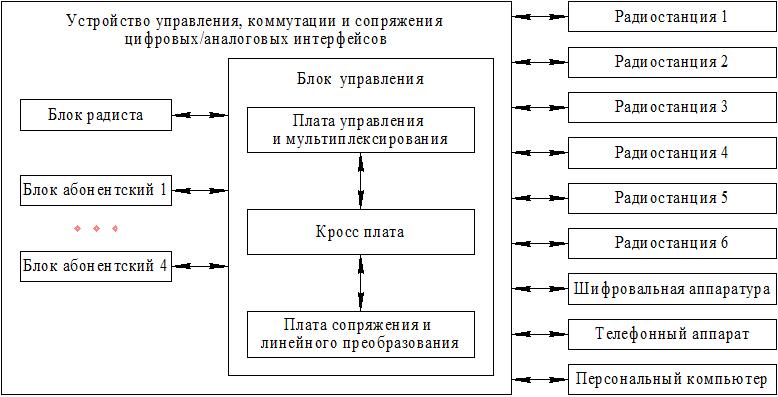


Рисунок 1 – Структурная схема устройства управления, коммутации и сопряжения цифровых/аналоговых интерфейсов

Из структурной схемы устройства, приведенной на Рисунке 1, видно, что устройство состоит из следующих составных частей: блок управления, блок радиста и блоки абонентские. Количество блоков абонентских, опционально, в зависимости от количества операторов, может варьироваться от одного до четырех.

Назначение каждой составной части устройства приведено ниже.

Блок управления является базовым узлом УУКС, обеспечивающим взаимодействие всех составных частей УУКС друг с другом и с внешними устройствами, в качестве которых могут выступать: радиостанции, шифровальная аппаратура, телефонный аппарат, персональный компьютер или иное каналообразующее и оконечное оборудование, поддерживающее сопряжение по стыкам С1-ТЧ, RS -485

В составе блока управления можно выделить три основных функциональных модуля: плата управления и мультиплексирования, кросс плата, плата сопряжения и линейного преобразования.

Плата управления и мультиплексирования является электронным устройством, предназначенным для обработки и коммутации сигналов, передаваемых по телекоммуникационным каналам (ТЧ каналам) и стыкам SPI (Serial Peripheral Interface). Она обладает широким функционалом, включающим в себя мультиплексирование, демультиплексирование, усиление, фильтрацию и др. Плата позволяет передавать одновременно несколько потоков данных по одному ТЧ каналу или стыку SPI, что повышает ее пропускную способность и позволяет значительно сократить количество используемых каналов и стыков. Данная возможность достигается за счет использования высокоскоростных мультиплексоров и демультиплексоров.

Помимо этого, плата управления и мультиплексирования реализует  защиту от помех и искажений, которые могут возникать в процессе передачи данных. Для этого на плате установлены полосовые фильтры.

Кросс плата выполняет роль пассивного транзитного коммутатора, соединяющего цепи внешних радиостанций, блоков абонентских и блока радиста с сигнальными окончаниями платы управления и мультиплексирования и платы сопряжения и линейного преобразования.

Плата сопряжения и линейного преобразования является электронным устройством, предназначенным для обеспечения стабилизированным питанием, генерирования индукторного вызова, симметрирования и согласования аудиоинтерфейсов для составных частей устройства.

Плата имеет встроенные линейные стабилизаторы, которые обеспечивают стабильность и точность напряжения питания, подаваемого на составные части устройства. Это позволяет повысить надежность и стабильность работы устройства в целом.

Одной из важных функций платы является генерирование индукторного вызова, который необходим для взаимодействия с внешним телефонным аппаратом. Кроме того, плата сопряжения и линейного преобразования обеспечивает симметрирование и согласование аудиоинтерфейсов, что позволяет передавать аудиосигналы на дальние расстояния без искажений и потерь качества. Для этого на плате установлены специальные операционные усилители и симметрирующие трансформаторы, которые обеспечивают высокое качество передаваемых сигналов.

Блок абонентский является оконечным устройством, подключаемым к блоку управления. Цепи управления и контроля на физическом уровне реализованы интерфейсом RS-485, на уровне построения сигнально-кодовой конструкции – интерфейсом SPI. Аудио трафик передаётся через четырёхпроводные симметричные ТЧ стыки. Информация о состоянии органов управления мультиплицируется в единый пакет, передаваемый для обработки в блок управления. Аудио трафик, получаемый от блока управления, подвергается процедуре автоматической регулировке по уровню и усилению по мощности.

Блок обеспечивает возможность подключения микротелефонной гарнитуры или шлемофона, а также внешнего громкоговорителя.

Кнопочные органы управления реализуют перечисленный ниже функционал:

- выбор любой из 6-ти радиостанций для ведения симплексной радиосвязи;

- подключение к дуплексному каналу внутренней связи;

- независимую регулировку громкости громкоговорителя и динамика микротелефонной гарнитуры;

- выбор нескольких радиостанций для одновременного обмена речевым трафиком с несколькими радиосетями.

Блок радиста так же является оконечным устройством, подключаемым к блоку управления, обладает тем же функционалом что и блок абонентский, а так же рядом дополнительных функций, а именно:

- выбор радиостанций для организации режимов ретрансляции;

- выбор радиостанции, подключаемой к специальной шифровальной аппаратуре;

- выбор радиостанции, подключаемой к внешнему полевому телефонному аппарату;

- выбор радиостанции, подключаемой к ПК;

- сброс подключений, организованных блоками абонентскими.

В качестве органов управления блока радиста и блоков абонентских применены тактовые кнопки с подсветкой, за счёт чего обеспечивается возможность объективного контроля за распределением ресурсов средств связи и возрастает оперативность выполнения действий – любые манипуляции выполняются за одно нажатие на кнопку.

Питание устройства осуществляется от источника постоянного напряжения с характеристиками:

- напряжение, В……………………………………………………………..от 19 до 36;

- мощность, ВА не менее…………….………………………………………………70.

Указанное значение мощности является максимальным. Реальное значение потребляемой мощности носит динамический характер и варьируется в диапазоне от 15 ВА до 70 ВА в зависимости от режима работы и количества подключенных блоков абонентских и блоков радиста.

Функционал УУКС позволяет подключать к нему до шести радиостанций, телефонный аппарат и персональный компьютер. Так же имеется возможность подключения шифровальной аппаратуры, при наличии необходимости осуществлять шифрование исходящего и дешифрования входящего трафика.

Ключевым элементом УУКС, реализующим логику работы всех узлов, является микроконтроллер STM32F429I, установленный на плате плате управления и мультиплексирования блока управления.

STM32F429I – это микроконтроллер, разработанный компанией STMicroelectronics. Он относится к семейству STM32F4 и основан на ядре ARM Cortex-M4. Микроконтроллер имеет высокую производительность и энергоэффективность, что позволяет ему использоваться в различных приложениях.

Этот микроконтроллер широко используется во многих отраслях, включая автомобильную, медицинскую и промышленную автоматизацию, а также в различных устройствах IoT (интернета вещей).

Управляющая программа реализована на языке программирования С++, с использованием набора библиотек HAL и выполнена в среде разработки STM32CubeIDE [4].

STM32CubeIDE - это интегрированная среда разработки (IDE) для микроконтроллеров STM32, разработанная компанией STMicroelectronics. Она основана на открытых стандартах, таких как Eclipse и GNU Compiler Collection (GCC), и обеспечивает широкий набор инструментов для разработки приложений на микроконтроллерах STM32.

STM32CubeIDE также поддерживает множество платформ и драйверов периферийных устройств, что упрощает разработку приложений на микроконтроллерах STM32 и повышает эффективность работы.

Описанное в настоящей статье аппаратно-программное решение позволяет достигнуть высокой эффективности работы операторов радиостанций посредством обеспечения взаимодействия операторов между собой (внутренняя связь), и обеспечения доступа операторов к средствам связи (радиостанциям) для осуществления взаимодействия с внешними абонентами. Реализованные в УУКС программные и аппаратные решения позволяют максимально эффективно использовать функционал средств связи, подключенных к УУКС, и оптимально распределять имеющиеся ресурсы; простой в восприятии и информативный пользовательский интерфейс блоков абонентских и блока радиста повышает оперативность выполнения действий, позволяет осуществлять объективный контроль каждым оператором распределение ресурсов средств связи.

В процессе исследования была проведена работа по разработке и проектированию устройства управления, коммутации и сопряжения цифровых/аналоговых интерфейсов. Данная работа включала в себя такие этапы, как: разработка структурной схемы, разработка схемы электрической принципиальной, разработка конструктива устройства, разработка управляющей программы. При разработке схемы электрической принципиальной были использованы навыки работы в программе Altium Designer [5], при разработке конструктива устройства – навыки работы в программе по CAD 3D моделированию КОМПАС 3D [6], была изучена соответствующая литература по данным темам.

Литература:

1. Б.С. Ордобаев. Система связи и оповещения. Курс лекций. Бишкек: КРСУ, 2014.
2. Сайт какого-нибудь АВСК
3. Интернет-ресурс: [….](http://www.arm.com/products/processors/cortex-m/index.php)
4. Стивен Прата. Язык программирования С++. Лекции и упражнения, 6-е изд.: Пер. с англ. - М.: ООО "И.Д. Вильямc", 2012
5. Программа для Э3
6. Большаков В. П. Создание трехмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС-3D. – БХВ-Петербург, 2010.