

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ»

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА

На правах рукописи  
УДК 656.256

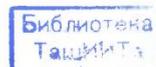
656.254.83:681.3

**РАХМАТУЛЛАЕВ МУХАММАДЖОН ТОШТЕМИРОВИЧ**

**“РАЗРАБОТКА УЗЛА СОГЛАСОВАНИЯ РЕЛЕЙНОЙ АППАРАТУРЫ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ МАЛОЙ СТАНЦИИ”**

5А311002 – Автоматика и телемеханика на  
железнодорожном транспорте

Диссертация  
написанная для получения академической степени магистра



Научный руководитель:  
к.т.н, проф. Азизов А.Р.

Ташкент-2019

АО «ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ»

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА

*На правах рукописи*  
УДК 656.25

**РАХМАТУЛЛАЕВ МУХАММАД ТОШТЕМИРОВИЧ**

**«РАЗРАБОТКА УЗЛА СОГЛАСОВАНИЯ РЕЛЕЙНОЙ  
АППАРАТУРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ МАЛОЙ  
СТАНЦИИ»**

5A350102 « Устройства и системы передачи информации »

Диссертация  
написанная для получения академической степени магистра

Научный руководитель:  
к.т.н. доц. Азизов А.Р.

Ташкент-2019

## ANNOTATION

The thesis is devoted to the solution of the actual problem of developing the issue of translation and the computer model of the coordination unit for the purpose of using it with the goal of displaying information on the AWP monitor.

The problem of researching the issue of developing a functional and conceptual scheme of a computer matching unit with control and monitoring objects with the goal of displaying information in the automated workplace of the particle board is solved.

In particular, the following tasks were solved: Analysis of existing technical solutions for the implementation of the linking of relay equipment with a control panel and a remote display, analysis of information flows between cabinets and existing equipment of a chipboard workplace, analysis of information flows from the standpoint of distribution of control signals, control signals and indications existing station control panel; a functional diagram of the coordination node is developed; software of the controller of the coordination node is developed; computer model of coordination node, schematic diagrams. The analysis of the health and debugging of the virtual model of the node matching, testing and analysis of the health of the computer model of the chipboard control panel are carried out.

## ANNOTATSIYA

Tezis AWP monitorida axborotni namoyish etish maqsadlarida tarjima masalasini rivojlantirishning dolzarb muammolarini hal qilish va muvofiqlashtirish bo'linmasining kompyuter modelini hal qilishga bag'ishlangan.

Tekshiruv va monitoring ob'ektlari bilan kompyuterni moslash moslamasining funktsional va kontseptual sxemasini ishlab chiqish masalasini tadqiq etish muammosini zarracha kartasining avtomatlashtirilgan ish joyida ma'lumotni ko'rsatishga qaratilgan.

Xususan quyidagi vazifalar hal etildi: o'zni uskunasi boshqarish paneli va masofadan turib dispetcherlik bilan bog'lash uchun mavjud texnik echimlarni tahlil qilish, kabinetlar va dipboard ish joyining mavjud uskunalari o'rtasidagi axborot oqimini tahlil qilish, nazorat signallari tarqalishi nuqtai nazaridan axborot oqimlarini tahlil qilish, nazorat signallari va ko'rsatkichlar mavjud stansiya boshqaruv paneli, muvofiqlashtirish tugunining funktsional diagrammasi ishlab chiqilgan muvofiqlashtirish tugunining nazoratchisi dasturiy ta'minoti ishlab chiqilgan; muvofiqlashtirish tugunlarining

kompyuter modeli, sog'lig'ini muvofiqlashtirish, sinab ko'rish va tahlil qilish uchun tugunni virtual modeli sog'lig'ini va disk raskadroviyligini tahlil qilish amalga oshiriladi.

## АННОТАЦИЯ

Диссертация посвящена решению актуальной задачи разработке вопроса перевода и компьютерной модели блока согласования с целью использования с целью вывода информации на монитор АРМ ДСП.

Решена задача исследования вопроса разработки функциональной и принципиальной схемы узла согласования компьютера с объектами управления и контроля с целью вывода информации в АРМ ДСП.

В частности, решены следующие задачи: Анализ существующих технических решений по реализации схемы увязки релейного оборудования с пультом управления и выносным табло, анализ информационных потоков, между стативами и существующим оборудованием рабочего места ДСП, анализ информационных потоков с позиции распределения управляющих сигналов, сигналов контроля и индикации существующего пульта управления станции, разработана функциональная схема узла согласования, разработано программное обеспечения контроллера узла согласования, компьютерная модель узла согласования, принципиальные схемы. Проведены анализ работоспособности и отладка виртуальной модели узла согласования, испытания и анализ работоспособности компьютерной модели пульта управления ДСП.

## СОДЕРЖАНИЕ

	<b>Введение</b> .....	7
<b>Глава I.</b>	<b>Анализ существующих технических решений по реализации схемы увязки пульта управления станции ...</b>	13
1.1.	Анализ существующих технических решений по реализации функций управления и контроля дежурного по станции на ЭВМ.....	13
1.2.	Анализ существующей принципиальной схемы подключения пульта к стативам выбранной станции.....	24
1.3.	Анализ и определение количества информации по управлению и контролю существующего пульта управления станции.....	30
<b>Глава II.</b>	<b>Разработка аппаратной составляющей автоматизированного рабочего места ДСП .....</b>	37
2.1.	Анализ и определение технических устройств, для реализации поставленной задачи .....	37
2.2.	Разработка функциональной схемы узла согласования.....	42
2.3.	Разработка принципиальной схемы узла согласования .....	46
<b>Глава III.</b>	<b>Разработка и отладка компьютерной модели пульта управления ДСП .....</b>	51
3.1.	Разработка алгоритмов работы и программного обеспечения микроконтроллеров .....	51
3.2.	Разработка компьютерной модели схемы согласования в среде PROTEUS.....	53
3.3.	Исследование и анализ работоспособности компьютерной модели схемы согласования. ....	55
	<b>Заключение</b> .....	68
	<b>Список литературы</b> .....	69
	<b>Приложения</b> .....	73

## ВВЕДЕНИЕ

**Обоснованность темы магистерской диссертации и ее актуальность.** На сегодняшний день идет широкое применение микроэлектронных устройств в различных сферах производства и народного хозяйства. Также применение подобных устройств активно ведется и в отрасли автоматике и телемеханики на железнодорожном транспорте, взамен морально устаревших релейно-контактных систем, требующих проведения частичного технического обслуживания и имеющих дорогую себестоимость из-за дефицита производства.

Реализуемые в железнодорожной системе страны проекты реализуются не только для повышения качества грузоперевозок и углубления процесса трансформации, но и для развития отрасли. Увеличение объема экспорта в экономике Узбекистана позволит увеличить количество железнодорожных транспортных средств на железнодорожном транспорте.

С 7 ноября 1994 года «Ўзбекистон Темир Йўллари» является важнейшей составляющей структурообразующего и экономического развития Республики Узбекистан более 20 лет. Устойчивое развитие, внедрение инновационных технологий создают благоприятные условия для развития экономического и транспортного секторов железных дорог Узбекистана. С момента своего существования железная дорога тесно сотрудничает с другими секторами узбекской экономики. Одной из его основных задач является обеспечение своевременных грузовых и пассажирских перевозок для удовлетворения потребностей экономики. Работы в этой области ведутся по-разному и направлены на максимизацию пропускной способности железнодорожной сети в Узбекистане. Формирование грузовых и пассажирских перевозок, оптимизация расходов на железнодорожные перевозки, безопасность движения поездов осуществляются в тесном сотрудничестве с

зарубежными партнерами в рамках международных соглашений.. В современных условиях транспорт приобретает все большее значение в жизни людей. В частности, он рассматривается не только как грузовые и пассажирские перевозки, но и как межотраслевая система, которая радикально меняет жизнь и экономические условия. Транспортная стратегия Узбекистана ориентирована на устойчивое развитие в соответствии с Указом Президента Республики Узбекистан «О Государственной программе по реализации Стратегии пяти этапов развития Республики Узбекистан на 2017–2021 годы» на год активных инвестиций и социального развития. В целом под концепцией устойчивого развития понимается использование всех видов ресурсов (природных, финансовых и т. д.), в которых будущие поколения должны жить лучше, чем нынешнее поколение. Оптимизация в транспортной отрасли это постепенное улучшение транспортных показателей, которое зависит от характеристик региона - публичности, экологии и других факторов, которые определяются транспортной системой, которая будет передаваться следующему поколению. Транспорт, наряду с другими инфраструктурными сетями, является важным инструментом для достижения социальных, экономических, внешнеполитических и других целей и повышает качество жизни людей. Без решения транспортной проблемы радикальные изменения невозможны во всех видах экономической деятельности. Сегодня единство экономического пространства и свободного перемещения товаров и услуг может быть достигнуто только на основе целенаправленного и устойчивого развития транспорта. Глобализация экономики и сопровождающие ее процессы внешнеторгового оборота требуют новых подходов к развитию транспорта, поиска новых технологий и разумных способов перевозки грузов и пассажиров. Почти невозможно полностью объяснить экономический ущерб, вызванный неудовлетворительным состоянием транспортной инфраструктуры, неконтролируемой организацией и

децентрализацией управления, поскольку нарушения транспорта, неэффективные транспортные услуги и высокие цены приводят к потере ущерба национальной экономике и всем сферам жизни в стране. Когда речь идет о важности транспорта с точки зрения макроэкономического развития страны, невозможно игнорировать ключевые (макроэкономические) показатели, обычно используемые для оценки благосостояния, развития и уровня жизни любой страны на основе рыночной экономики. К таким показателям относятся ВВП, индекс потребительских цен, налоговые поступления, национальный доход, плотность населения, рост денежной массы, безработица, дефицит бюджета, конкурентоспособность правительства, общая платежеспособность населения, уровень жизни и другие показатели. Среди вышеупомянутых макропоказателей есть ряд факторов, которые играют ключевую роль и напрямую зависят от уровня развития транспорта. Речь идет о ВВП, инфляции, безработице, жизни населения и изменении плотности населения. Эти макроэкономические показатели в целом характеризуют важные аспекты социально-экономического развития страны, а также то, что конечные потребители политических и административных услуг благодарны развитию транспорта. Уровень экономического развития и благосостояния общества может отражать разные показатели. Конечно, ежегодное производство товаров, услуг и товаров, имеет особое значение. Обычно это используется валовым внутренним продуктом, который определяется общей рыночной стоимостью конечных товаров и услуг, произведенных в течение года. Транспорт является одним из основных источников роста ВВП. Исходя из общей экономической теории, одним из условий экономического роста и положительных темпов роста ВВП является совместное развитие транспортной инфраструктуры, а в случае опережающего развития - стратегическая ситуация. Привлечение инвестиций может коренным образом изменить ситуацию, что приведет к быстрому и основательному

переходу к быстро развивающейся экономике. Инвестиции в транспортную инфраструктуру оказывают существенное влияние на рост ВВП в целом по стране.[1].

Современная практика показала, что релейные, механические, релейно-процессорные СЖАТ имеют ряд недостатков, делающих их использование ограниченным и технически бесперспективным. В настоящее время релейные устройства, выполняющие требуемые зависимости стрелок и сигналов, все чаще заменяют микропроцессорными системами. Это обусловлено следующими причинами.[2,3,4]

Во-первых, снижением эксплуатационных затрат на обслуживание микроэлектронных систем по сравнению с релейными, что даже при более высокой стоимости таких систем делает их внедрение экономически выгодным.

Во-вторых, более высокими эксплуатационными показателями микроэлектронных систем благодаря использованию резервирования отдельных элементов системы и развитой системы диагностики.

В-третьих, расширением функциональных возможностей систем за счет информационной поддержки оперативного персонала (нормативной и справочной информации) и простой интеграцией микроэлектронных систем ЖАТ в системы управления движением поездов более высокого уровня (ДЦ, центры управления ДП и т.п.)

**Объект и предмет исследований.** Объектом исследования является система железнодорожной автоматики и телемеханики. В работе в качестве предмета исследования принято устройство обеспечивающее ввод дискретной информации в систему АРМ ДСП.

**Цель и задачи исследования.** Цель исследования – рассмотрение вопроса разработки микроэлектронного блока сопряжения между релейной аппаратурой и компьютером с целью использования в

автоматизированном рабочем месте ДСП.

В частности, предстоит решить следующие задачи: Анализ существующих технических решений по реализации схемы увязки релейного оборудования с пультом управления и выносным табло.

Анализ информационных потоков, между стативами и существующим оборудованием рабочего места ДСП;

Анализ информационных потоков с позиции распределения управляющих сигналов, сигналов контроля и индикации существующего пульта управления станции.

Разработка функциональной схемы узла согласования

Разработка программного обеспечения контроллера узла согласования

Разработка компьютерной модели узла согласования.

Разработка принципиальной схемы узла согласования.

Анализ работоспособности и отладка виртуальной модели узла согласования.

Испытания и анализ работоспособности компьютерной модели пульта управления ДСП.

**Научная новизна работы** состоит в разработке узла согласования в системе АРМ ДСП.

**Основные проблемы и гипотезы исследования.** Основные проблемы исследования – Разработка функциональной схемы, программного обеспечения контроллера узла согласования, разработка компьютерной модели и принципиальной схемы, анализ работоспособности и отладка виртуальной модели узла согласования автоматизированного рабочего места ДСП на железных дорогах республики Узбекистан. Гипотеза исследования – разработанное программное обеспечение послужит для повышения надежности

обеспечения безопасности движения поездов, увеличению скорости работы автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте, а также уменьшению затрат на обслуживание блоков наборной группы.

**Краткий обзор литературы по теме.** Список изученной и использованной литературы включает в себя: Вл.В.Сапожников и др. «Микропроцессорные системы централизации», Сапожников В.В. «Станционные устройства автоматики и телемеханики», Кондратьева Л.А. «Устройства железнодорожной автоматики и телемеханики», Типовые проектные решения 501-0-98, Схемы маршрутной релейной централизации МРЦ-13, [20-33].

**Краткая характеристика методик использованных в исследовании.** Методы и методики современной теоретической основы систем железнодорожной автоматики и телемеханики.

**Теоретическая и практическая ценность результатов исследования.** Разработана функциональная схема, программное обеспечение контроллера узла согласования, разработана компьютерная модель и принципиальные схемы, проведен анализ работоспособности и отладка виртуальной модели узла согласования автоматизированного рабочего места ДСП на железных дорогах республики Узбекистан.

**Краткая характеристика состава диссертации.** Диссертация состоит из аннотации, введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы из 19 наименований. Работа изложена на страницах машинописного текста, содержит 25 рисунков.

## **Глава I. Анализ существующих технических решений по реализации схемы увязки пульта управления станции**

### **1.1 Анализ существующих технических решений по реализации функций управления и контроля дежурного по станции на ЭВМ**

Промышленный индустриальный контролер (ПИК-120), имеет 120 цифровых входов и предназначен для преобразования в стандартный цифровой вид постоянного напряжения от  $-36В$  до  $=36В$  или переменного напряжения  $36В$   $50Гц$ , поступающего на входы, и передачи в последовательном коде полученного в результате преобразования массива данных в концентратор по его запросу.

Промышленный индустриальный контролер размещается в шкафу УКС-4 (устройство коммутирующее стационарное). УКС-4 предназначен для установки и организации питания от сети  $220В$   $50 Гц$  приборов ПИК 120М. Совокупность контроллеров создает распределенную систему сбора и обработки информации.

В распределенной системе сбор информации выполняется контроллерами, рационально приближенными к объекту. При этом сокращается длина кабельных линий и снижает стоимость монтажных работ. Система АПК ДК работает с дискретными сигналами, снимаемыми с пульта управления, и аналоговыми сигналами, снимаемыми с путевых реле. По этой причине шкафы УКС-4 с контроллерами ПИК-120, реализующие сбор дискретной информации, целесообразно разместить в помещении, где расположен пульт [9,10,13].

Для подключения сигнальных цепей в шкафах УКС-4 и контроллеров ПИК-120 использованы соединители РП14, широко применяемые на железной дороге. Эти предпосылки определили конструктивные особенности контроллера и его характеристики.

В состав шкафа УКС-4 входят, в зависимости от варианта исполнения, до четырёх контроллеров ПИК-120, кабель, соединяющий

контроллеры ПИК-120 с монтажной платой, и нестабильный источник питания +10В для централизованного питания всех ПИК-120.

В состав прибора ПИК 120 входят:

- плата микроконтроллера;
- корпус с одним разъёмом СН2-10ШБ и пятью блочными разъёмами РП14/30.

На сто двадцать цифровых дифференциальных входов оптронного преобразователя могут поступать постоянные напряжения в диапазоне -36В U +36В или переменные напряжения амплитудой 36В и частотой 50Гц. Эти напряжения через ограничительные резисторы прикладываются к оппозитно включённым светодиодам входных оптронов. Все 120 дифференциальных пар входов образуют 15 восьмиканальных групп. В каждой группе «возвратные» провода каналов 2...7 объединены в «возвратный» провод группы, а первый канал имеет независимый «возвратный» провод.

Примечание: «Возвратный» провод - провод дифференциальной входной пары, в цепи которого нет токозадающего резистора.

Каналы с независимым «возвратным» проводом позволяют подключать гальванически развязанные сигналы, что расширяет возможности использования ПИК-120.

Эмиттерные выводы фототранзисторов оптронов каждой группы через последовательно соединённые с ними диоды также объединены в одну цепь (провода К1...К15). Далее, цепи поступают на выходы порта В и С микроконтроллера. Устанавливая высокий уровень напряжения на каком-либо проводе Кх, можно блокировать выходы соответствующей группы оптронов.

Коллекторы фототранзисторов одноимённых групп оптронов нагружены на общий резистор, образуя схему «ИЛИ» (в каждой из восьми сборок по 15 коллекторов). Для фототранзисторов первых

оптронов в группах это цепь «OUT1», для вторых «OUT2»,..., для восьмых «OUT8».

Эти цепи «OUT1»...»OUT8» соединены с восемью входами преобразователя, формирующего на своих выходах напряжения с уровнями ТТЛ. Если на каком-либо цифровом входе активной группы оптронов есть напряжение, то на соответствующем выходе преобразователя присутствует низкий уровень напряжения. В противном случае на выходе формируется постоянное напряжение +5В.

В каждый момент времени активной может быть только одна группа оптронов. На выходе преобразователя формируются напряжения, соответствующие этой группе оптронов, и подаются на восемь входов порта С и Е микроконтроллера для дальнейшего преобразования этого ряда сигналов в один байт.

Независимо от посылок ХОСТ-процессора прибор ПИК-120 непрерывно ведёт обработку сигналов, поступающих на цифровые входы.

Электропитание микроконтроллера и других активных и пассивных компонентов ПИК -120 осуществляется от стабилизатора напряжения +5В. На вход стабилизатора подаётся нестабильное напряжение +10В от внешнего выпрямителя.

Связь микроконтроллера с управляющим ХОСТ-процессором осуществляется по двум последовательным линиям Rx и Tx типа «токовая петля». Выходы микроконтроллера и линия связи соединены через развязывающие оптронные преобразователи. Скорость передачи информации равна 9600 бодам.

Рис. 1.1 - Функциональная схема прибора ПИК-120

Команды, получаемые ПИК-120 от ХОСТ-процессора, имеют следующий формат:

NUL,SYN,NUM,COM,CS,

где - NUL - стартовая посылка (00h);

-SYN - синхронизация (16h);

-NUM - номер (адрес) ПИК (40h...43h);

-COM - командная посылка;

-CS - контрольная сумма, подсчитанная для NUM,COM.

Команды, посылаемые ПИК-120 ХОСТ-процессору, имеют формат:

NUL,SYN,NUM,COM,LEN,DATA,...,DATA,CS,

где -NUL - стартовая посылка;

-SYN - синхронизация (16h);

-NUM - номер (адрес) ПИК-120 (40h...43h);

-COM - командная посылка;

-LEN - длина посылки данных;

-DATA - передаваемые данные;

-CS - контрольная сумма, подсчитанная для NUM,COM, LEN,

DATA,...,DATA;

Далее приведен набор команд, которые могут быть переданы от внешнего контроллера к ПИК -120, и описание ответной реакции ПИК-120 на команды:

«D» - Считать 120 цифровых входов. В ответ ПИК-120 передаёт данные от 120 цифровых входов (15 байт).

«V» - Опрос версии. В ответ ПИК-120 передаёт 1 байт, содержащий номер версии (текущая версия 05).

«#» - Ошибка. Получен неизвестный код команды. Данных нет.

Этот символ ПИК передаёт в случае ошибки в принятой посылке.

«P» - Сбой питания. В этом случае ПИК отвечает на команду «D» в течение 1 сек после сбоя питания посылкой «P».

Примечание: Время между посылками байтов не должно превышать 10 сек, иначе произойдет «переинициализация» последовательного порта (UART).

Одновременно к линии связи может быть подключено 16 приборов ПИК 120М. Поэтому в составе системы каждому прибору ПИК 120М необходимо присвоить адрес в диапазоне от 0 до 15.

По конструкция ПИК-120 представляет собой стальную пластину - основание с «отбортовкой», к которому на резьбовых стойках привинчена плата А1 с радиоэлементами. Плата соединена с разъёмами монтажными проводами, уложенными в жгуты. Перечни сигналов и соответствие их номерам контактов на разъемах Х1 -Х6 приведены в таблицах 1-15.

## **1.2 Анализ существующей принципиальной схемы подключения пульта к стативам выбранной станции**

Программируемый промышленный контролер типа ПИК-10. Во многих отраслях промышленности существует необходимость сбора данных, приведение их к единой форме и передачи для дальнейшей обработки на более высокий уровень. Такие задачи должны решаться и на железнодорожном транспорте в системах управления и контроля. Реализацией такого решения является применение в составе системы АПК ДК специализированных контроллеров ряда ПИК (программируемый промышленный контроллер), совокупность которых создает распределенную систему сбора информации.

В данном разделе рассмотрены назначение и состав прибора ПИК 10 , его место в системе АПК ДК, приведена функциональная схема и описаны устройство и работа прибора, способ измерения сопротивления изоляции внешних цепей. Кроме того, приведено краткое описание принципиальной электрической схемы прибора ПИК 10 [14,15,16].

Прибор ПИК 10 имеет 10 аналоговых и 10 цифровых входов, и предназначен:

-для измерения средних значений напряжений сигналов, снимаемых с путевых реле и поступающих на аналоговые дифференциальные входы;

-для преобразования в стандартный цифровой вид сигналов переменного напряжения, поступающих на цифровые входы. Присутствие переменного напряжения на конкретном входе преобразуется в логическую единицу, отсутствие - в логический ноль в соответствующем бите десятиразрядного двоичного слова:

-для измерения сопротивления изоляции внешних рельсовых цепей;

-для передачи измеренных значений напряжений в виде последовательного цифрового кода на внешний хост-процессор по его запросу;

-для передачи полученного в результате преобразования десятиразрядного цифрового кода на внешний хост-процессор по его запросу;

-для передачи измеренных значений сопротивления изоляции в виде последовательного цифрового кода на внешний хост-процессор по его запросу;

-для формирования сигнала включения внешнего модема радиоканала или других средств связи.

В распределенной системе, сбор информации выполняется контроллерами, рационально приближенными к объекту. Это экономит кабельную продукцию и снижает стоимость монтажных работ. Система АПК ДК работает с дискретными сигналами, снимаемыми с пульта управления, и аналоговыми сигналами, снимаемыми с путевых реле. По этой причине контроллеры, реализующие сбор дискретной и аналоговой информации целесообразно разместить вблизи от помещения пульта, в релейном помещении непосредственно на стативе.

Для подключения сигнальных цепей использованы соединители РП14, широко применяемые на железной дороге. Все эти соображения в первую очередь повлияли на конструктивные особенности

контроллеров, на их характеристики и позволили унифицировать конструкцию контроллера.

В состав прибора ПИК 10 входят:

- плата микроконтроллера;
- плата источника питания и реле;
- корпус с двумя блочными разъёмами РП14/30.

Команды, получаемые ПИК 10 от ХОСТ-процессора, имеют формат NUL,SYN,NUM,COM,CS,

- где -NUL - стартовая посылка (00h);
- SYN - синхронизация (16h);
- NUM - номер (адрес) ПИК (30h...3Fh);
- COM - командная посылка;
- CS - контрольная сумма, подсчитанная для NUM,COM.

Команды, посылаемые ПИК 10 ХОСТ-процессору, имеют формат NUL,SYN,NUM,COM,LEN,DATA,...,DATA,CS,

- где -NUL - стартовая посылка;
- SYN - синхронизация (16h);
- NUM - номер (адрес) ПИК 10 (30h...3Fh);
- COM - командная посылка;
- LEN - длина посылки данных;
- DATA - передаваемые данные;
- CS - контрольная сумма, подсчитанная для NUM, COM, LEN, DATA,...,DATA.

Далее приведен набор команд, которые могут быть переданы от внешнего контроллера к ПИК 10, и описание ответной реакции ПИК 10 на команды:

- «D» - Считать 10 цифровых входов. В ответ ПИК 10 передаёт данные от 10 цифровых входов (2 байта), 1-й байт - 8 младших входов, 2-й байт - 2 старших входа).

-«S» - Старт всех 10 аналоговых каналов. В ответ ПИК 10 возвращает только код команды «S». (т.к. данных нет, то LEN принимает значение, равное нулю) (время выполнения команды 12 сек).

-"A" - Считать все 10 аналоговых каналов. В ответ ПИК 10 возвращает данные от аналоговых каналов (20 байт U<sub>0</sub>,R<sub>0</sub>, U<sub>1</sub>,R<sub>1</sub>,... U<sub>9</sub>,R<sub>9</sub>), начиная с младших входов. Если на момент запроса обработка аналоговых каналов не завершилась (максимум 12 сек после команды "S"), то в ответ ПИК 10 передает «#» (данных нет).

-"X" - Считать 10 цифровых и 10 аналоговых каналов. В ответ ПИК 10 передаёт 22 байта данных, где первые 2 байта содержат данные цифровых каналов, а последующие 20 напряжения и сопротивления утечек аналоговых каналов D<sub>low</sub> (биты 0-7), D<sub>high</sub> (биты 0,1), U<sub>0</sub>,R<sub>0</sub>, U<sub>1</sub>,R<sub>1</sub>... U<sub>9</sub>,R<sub>9</sub>. Если на момент запроса обработка аналоговых каналов не завершилась (максимум 12 сек после команды "S"), то в ответ ПИК 10 передает «#» (данных нет).

-"0"... "9" - Старт одного из десяти аналоговых каналов 0...9. В ответ ПИК 10 передаёт код команды "0"... "9", данных нет. Время выполнения команды 1,2 сек.

-"O" - Считать показания с запущенного ранее канала. В ответ ПИК 10 посылает 3 байта данных - номер канала, значения измеренного напряжения и сопротивления (CHAN,U<sub>n</sub>,R<sub>n</sub>). Если на момент запроса обработка аналогового канала не завершилась (1,2 сек после команды «0».. «9») то в ответ ПИК 10 посылает «#» (данных нет).

-"V" - Опрос версии. В ответ ПИК 10.2 передаёт 1 байт, содержащий номер версии (текущая версия 05).

На рисунке изображена функциональная схема прибора ПИК 10. К десяти аналоговым дифференциальным входам релейно-транзисторного коммутатора могут прикладываться переменные напряжения амплитудой 0ВU50В частотой 25Гц, 50Гц, или 75Гц. Эти напряжения

подаются на контакты реле. Для каждого канала имеется отдельное реле. Нормальное состояние контактов всех реле - разомкнутое.

На выход релейно-транзисторного коммутатора попадает входное напряжение через контакты одного из десяти реле, которое включено в данный момент. Во включённом состоянии может находиться только одно реле. С выхода релейно-транзисторного коммутатора напряжение поступает на дифференциальный вход аналогового преобразователя.

Рис. 1.2 - Функциональная схема прибора ПИК-10

Таким образом, к дифференциальному входу аналогового преобразователя последовательно прикладывается напряжение каждого аналогового канала

### **1.3 Анализ и определение количества информации по управлению и контролю существующего пульта управления станции**

Источником аналоговых сигналов являются путевые реле, с цепей которых эти сигналы и снимаются. Для предотвращения возникновения перегрузки этих цепей, в каждый провод последовательно включён резистор.

На другом конце аналоговой линии в каждой цепи дифференциального входа аналогового преобразователя также установлен последовательный резистор. Для входных напряжений 0ВU50В эти резисторы должны иметь сопротивление 51.1 кОм. В случае необходимости, изменяя номинал этих резисторов, можно изменять диапазон входных напряжений.

В аналоговом преобразователе входное напряжение выпрямляется прецизионным выпрямителем, фильтруется, и в виде однополярного аналогового сигнала, с напряжением, равным среднему значению входного сигнала, подаётся на мультиплексор и АЦП микроконтроллера, где преобразуется в восьми битный код.

В системе АПК ДК, где применяется прибор ПИК 10, внешние аналоговые дифференциальные цепи изолированы от заземлений и заземлённых корпусов. Сопротивление изоляции внешних аналоговых цепей должно быть не менее  $15\text{Мом} \dots 20\text{Мом}$ . Для получения оперативной информации о текущем значении этого параметра необходимо измерять сопротивление утечки между внешними аналоговыми цепями и «землёй». Для измерения сопротивления изоляции используется источник постоянного напряжения, НЧ фильтр с повторителем, входные цепи аналогового преобразователя и релейно-транзисторный коммутатор. Способ измерения сопротивления утечки иллюстрируется на рисунке 7. «Минус» источника напряжения 24В соединён с системным заземлением, а «плюс» - через высокоомный резистор  $R_v$  ( $2\text{Мом}$ ) и измерительный резистор  $R_{изм}$  с «локальным корпусом» прибора ПИК 10.

Рис. 1.3 - Способ измерения сопротивления утечки

«Локальный корпус» объединяет общие цепи прибора ПИК 10 и изолирован от системных корпусов и заземлений. Через «локальный корпус», резисторы входных цепей аналогового преобразователя и контакты включённого реле релейно-транзисторного коммутатора, напряжение +24В прикладывается к одной из внешних аналоговых цепей. Ток источника напряжения +24В протекает по указанной цепи и замыкается через сопротивление изоляции  $R_{из}$ . При этом на измерительном резисторе  $R_{изм}$  выделяется напряжение, пропорциональное величине сопротивления изоляции  $R_{из}$ . Чтобы на измерительном резисторе не выделялось переменное напряжение сигнала, действующего на включённом аналоговом входе, параллельно измерительному резистору подключён конденсатор, образующий вместе с  $R_{изм}$  и  $R_v$  НЧ фильтр. Далее, напряжение, снимаемое с

измерительного резистора, подаётся на АЦП микроконтроллера, где преобразуется в цифровой код

В связи с тем, что измерять достаточно высокое сопротивление изоляции необходимо на фоне переменной составляющей напряжения в линии (до 50 вольт) с нижней частотой 25Герц, время цикла измерения по каждой линии должно составлять 1,2с (время на перезарядку конденсатора в фильтре). По каждому каналу при измерении напряжения и сопротивления, полученные данные усредняются за 256 выборок, которые делаются в течение 40 мс (время, кратное периоду частоты 25, 50 или 75 Гц).

Точность измерения напряжения составляет 2%. Наиболее высокая точность измерения сопротивления изоляции реализуется для значений  $R_{из}$  в диапазоне от 1 до 20 МОм и составляет 5%. Далее, при  $R_{из}$  до 100 МОм, точность несколько ухудшается до 10%. При  $R_{из}$  свыше 100 МОм результаты измерения могут рассматриваться лишь как оценочные, но при таких высоких значения  $R_{из}$  этого оказывается вполне достаточно.

На десять цифровых дифференциальных входов оптронного преобразователя могут поступать переменные напряжения амплитудой 36В и частотой 50Гц. Эти напряжения через ограничительные резисторы прикладываются к оппозитно включённым светодиодам входных оптронов. В соответствующих выходных цепях преобразователя формируются пульсирующие напряжения с амплитудой, соответствующей ТТЛ. Если на конкретном входе есть переменное напряжение, то на соответствующем выходе также присутствует пульсирующее напряжение. В противном случае на соответствующем выходе формируется постоянное напряжение +5В.

Эти сигналы поступают на входы портов С и D микроконтроллера, который производит окончательное преобразование десяти пульсирующих сигналов в десяти битное слово.

Независимо от посылок ХОСТ-процессора прибор ПИК10 непрерывно ведёт обработку сигналов, поступающих на цифровые входы. Обработка сигналов, поступающих на аналоговые входы, и измерение сопротивления утечки производится по команде ХОСТ-процессора.

Электропитание микроконтроллера и других активных и пассивных компонентов ПИК 10 осуществляется от источника питания, формирующего из первичного напряжения 220В 50Гц стабилизированные постоянные напряжения +24В, +12В, -12В, и два напряжения +5В. Стабилизаторы получают питающее напряжение от силового трансформатора, который обеспечивает гальваническую развязку с первичной сетью.

Связь микроконтроллера с управляющим ХОСТ-процессором осуществляется по двум последовательным линиям Rx и Tx типа «токовая петля» или через интерфейс RS-485. Выходы микроконтроллера и линия связи соединены через развязывающие оптронные преобразователи. Максимальная скоростью передачи информации равна 9600 бодам. Рабочее значение скорости принято равным 4800 бодам.

Одновременно к линии связи может быть подключено 16 приборов ПИК 10. Поэтому в составе системы каждому прибору ПИК 10 необходимо присвоить адрес в диапазоне от 0 до 15. Адрес ПИК 10 задается перемычками на входном разъеме в двоичном коде: наличие перемычки «GND - Nx» означает «0» в разряде «Nx» адреса, отсутствие перемычки - «1» в соответствующем разряде адреса.

ПИК 10 размещён в корпусе, идентичном по габаритным размерам и посадочным местам реле НМШ. На металлическом основании корпуса размещены два блочных разъёма X1 и X2 типа РП14/30 (штыри) с направляющими. Разъёмы направлены штырями во внешнюю сторону конструкции. Во внутреннюю часть конструкции направлены части контактов разъёмов, предназначенные для распайки проводов.

В корпусе ПИК-10 имеется прорезь, в которую наблюдать светодиоды, контролирующие работу прибора.

В таблицах 1.7 и 1.8 приведены перечни сигналов и соответствие их номерам контактов на разъёмах X1, X2 типа РП14/30.

## **Глава II. Разработка аппаратной составляющей автоматизированного рабочего места ДСП**

### **2.1. Анализ и определение технических устройств, для реализации поставленной задачи**

Модуль ввода дискретной информации (МВДИ) предназначен для сбора, предварительной обработки и передачи информации о состоянии двухпозиционных объектов контроля (сигналы телесигнализации в устройствах диспетчерской централизации).

В состав блока МВДИ входят следующие модули:

- модуль процессора;
- модуль ввода информации;
- модули гальванической развязки.

Выбор микроконтроллера. Для разработки модуля ввода дискретной информации постараемся выбрать относительно недорогой, простой и широко используемый микроконтроллер. Все эти особенности можно отнести к микроконтроллерам корпорации ATMEL (ATMega 16L). Корпорация ATMEL, основанная в 1984, является в настоящее время признанным мировым лидером в областях разработки, производства и маркетинга современных электронных компонентов.

Рис. 2.1. Общий вид микроконтроллера ATMega 16L

ATMega16 обладает очень большим количеством самых разнообразных функций. Вот некоторые его характеристики:

- \* Максимальная тактовая частота – 16 МГц (8 МГц для ATmega16L).
  - \* Большинство команд выполняются за один такт.
  - \* 32 8-битных рабочих регистра.
  - \* 4 полноценных 8-битных порта ввода/вывода.
  - \* два 8-битных таймера/счетчика и один 16-битный.
  - \* 10-разрядный аналогово-цифровой преобразователь (АЦП).
  - \* внутренний тактовый генератор на 1 МГц.
  - \* аналоговый компаратор.
  - \* интерфейсы SPI, I2C, TWI, RS-232, JTAG.
  - \* внутрисхемное программирование и самопрограммирование.
  - \* модуль широтно-импульсной модуляции (ШИМ).
  - \* 8-разрядный высокопроизводительный AVR микроконтроллер с малым потреблением.
- \* Прогрессивная RISC архитектура.
- 130 высокопроизводительных команд, большинство команд выполняется за один тактовый цикл.
- 32 8-разрядных рабочих регистра общего назначения.
- Полностью статическая работа.
- Производительность приближается к 16 MIPS (при тактовой частоте 16 МГц).
- Встроенный 2-цикловый перемножитель.
- Энергонезависимая память программ и данных.
- 16 Кбайт внутрисистемно программируемой Flash памяти (In-System Self-Programmable Flash).
- Обеспечивает 1000 циклов стирания/записи.
- Дополнительный сектор загрузочных кодов с независимыми битами блокировки.
- Внутрисистемное программирование встроенной программой загрузки.
- Обеспечен режим одновременного чтения/записи (Read-While-Write).

512 байт EEPROM.

Обеспечивает 100000 циклов стирания/записи.

1 Кбайт встроенной SRAM.

Рис. 2.2. Расположение выводов микроконтроллера ATmega 16L

Программируемая блокировка, обеспечивающая защиту программных средств пользователя.

\* Интерфейс JTAG (совместимый с IEEE 1149.1).

Возможность сканирования периферии, соответствующая стандарту JTAG.

Расширенная поддержка встроенной отладки.

Программирование через JTAG интерфейс: Flash, EEPROM памяти, перемычек и битов блокировки.

\* Встроенная периферия.

Два 8-разрядных таймера/счетчика с отдельным предварительным делителем, один с режимом сравнения.

Один 16-разрядный таймер/счетчик с отдельным предварительным делителем и режимами захвата и сравнения.

Счетчик реального времени с отдельным генератором.

Четыре канала PWM.

8-канальный 10-разрядный аналого-цифровой преобразователь.

8 несимметричных каналов.

7 дифференциальных каналов (только в корпусе TQFP).

2 дифференциальных канала с программируемым усилением в 1, 10 или 200 крат (только в корпусе TQFP).

Байт-ориентированный 2-проводный последовательный интерфейс.

Программируемый последовательный USART.

Последовательный интерфейс SPI (ведущий/ведомый).

Программируемый сторожевой таймер с отдельным встроенным генератором.

Встроенный аналоговый компаратор.

\* Специальные микроконтроллерные функции.

Сброс по подаче питания и программируемый детектор кратковременного снижения напряжения питания.

Встроенный калиброванный RC-генератор.

Внутренние и внешние источники прерываний.

Шесть режимов пониженного потребления: Idle, Power-save, Power-down, Standby, Extended Standby и снижения шумов ADC.

\* Выводы I/O и корпуса.

32 программируемые линии ввода/вывода.

40-выводной корпус PDIP и 44-выводной корпус TQFP.

\* Рабочие напряжения:

2,7 - 5,5 В (ATmega16L).

4,5 - 5,5 В (ATmega16).

\* Рабочая частота:

0 - 8 МГц (ATmega16L).

0 - 16 МГц (ATmega16).

Рис. 2.3. Функциональная схема микроконтроллера ATmega 16L

## **2.2. Разработка функциональной схемы узла согласования**

Конструктивно МВДИ представляет собой блок, в котором расположены модуль CPU (ЦП), модуль ввода информации и четыре модуля гальванической развязки.

Структурная схема МВДИ приведена на рис. 2.4.

Здесь МГР1—МГР4—модули гальванической развязки; МВИ — модуль ввода информации; CPU — процессор компании ATMEL семейства AVR ATMEGA16; блок питания — преобразователь DC/DC.

В основу работы МВДИ положен метод поочередного опроса. Входные сигналы разбиты на группы по восемь, каждая из которых имеет свой собственный общий провод (на рис. 2.4 он не показан). Для гальванической развязки цепей МВДИ от устройств СЦБ применена оптоэлектронная развязка (модули МГР) с использованием оптоэлектронных ключей LTV824. Эти же ключи позволяют преобразовать переменное напряжение, поступающее от датчиков в однополярное. Модуль ввода информации формирует из 32 входных сигналов восьмибитную шину данных. CPU выставляет адрес первой группы датчиков в МВДИ. После временной задержки процессор производит считывание информации о состоянии датчиков. Далее процессор выставляет адрес второй группы и цикл повторяется. Для опроса всех входов МВДИ процессору необходимо четыре цикла работы и общее время опроса всех входов МВДИ равно 1 мс. Данные циклы повторяются 30 раз с периодом 12 мс и промежуточным побитовым сложением результатов. В результате достигается программная реализация фильтра низкой частоты (100 Гц). Полное время опроса датчиков  $\sim 360$  мс. Взаимодействие модулей между собой осуществляется под управлением программного обеспечения, записанного во Flash-память (флэш-память) процессора. Запись программного обеспечения осуществляется через интерфейс программирования с помощью ПЭВМ и специализированного программатора.

Модуль дискретного ввода информации является составной частью системы съема информации (рис. 2.5) о состоянии двухпозиционных датчиков. Система состоит из центральный модуль сбора информации (ЦМСИ) и блоков МВДИ. Средой передачи данных между ЦМСИ и МВДИ является интерфейс RS-485. Аппаратной реализацией интерфейса RS-485 в МВДИ является специализированная микросхема MAX483E (MAX485) фирмы «MAXIM» или ее аналог ADM483A (ADM485) фирмы «Analog Device».

МВДИ работает следующим образом. При включении питания процессор загружает программное обеспечение и начинает выполнение программы. После инициализации программного обеспечения происходит опрос модуля интерфейса RS-485 и установка последнего в рабочее положение. Далее происходит опрос датчиков, формирование сообщений и их передача.

Под опросом датчиков понимается съем информации с модулей гальванической развязки. Опрос датчиков осуществляется непрерывно в течение всего времени работы программы.

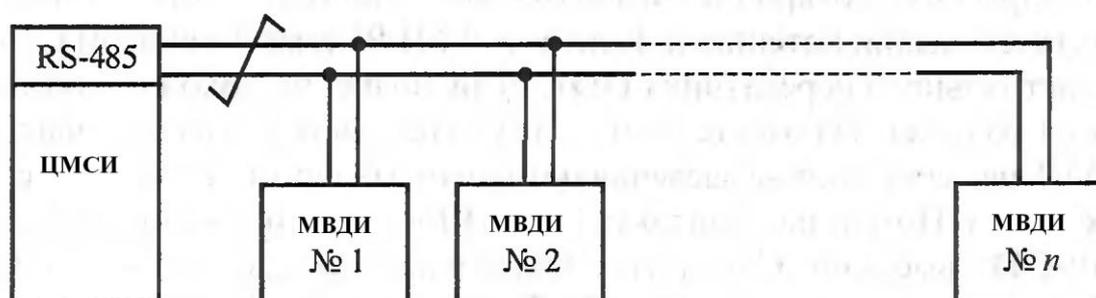


Рис. 2.5. Структурная схема увязки МВДИ с блоком ЦМСИ

При получении МВДИ запроса из центрального устройства программа анализирует его корректность и соответствие его данному МВДИ. В случае положительного результата принимается решение о передаче сообщения.

Процессор оснащен устройством перезапуска МВДИ (Watchdogtimer), которое срабатывает при «зависании» программы.

### 2.3. Разработка принципиальной схемы узла согласования

В исходном состоянии выходы восьмиразрядных магистральных передатчиков DD1—DD4 (рис. 2.6) закрыты сигналами высокого уровня, приходящими на входы С1 соответствующих микросхем с порта В процессора DD5 (PBO—PB3). Выходы передатчиков находятся в высокоимпедансном состоянии. Сигналы от датчиков поступают на разъем X1 и далее на модули гальванической развязки.

Рассмотрим прохождение сигнала, поступившего на «Вход 1» (контакт 1 разъема X1; на схеме это крайний левый разъем). Сигнал поступает на контакт 9 модуля гальванической развязки 1 (модуль оптопары 1) и далее на резистор 1R1.

Резисторы 1R1—4R8 предназначены для ограничения тока, забираемого от устройств ЭЦ на уровне, не более 10mA (в случае короткого замыкания в оптопаре). Эти же резисторы ограничивают ток, протекающий через светодиоды оптопар. Пройдя через резистор 1R1 и светодиоды оптопары DA1.1, сигнал поступает на контакт 1 модуля гальванической развязки 1 и далее на «Общий 1» (контакт 9 разъема XI). В результате прохождения сигнала засвечивается фототранзистор оптопары DA1.1 и по цепи «+5V — R1 — контакт 11 МГР1 — коллектор-эмиттер фототранзистора DA1.1 — контакт 10 МГР1 — «земля»» начинает протекать ток. Фототранзистор оптопары DA1.1 открыт и, следовательно, на контакте 11 МГР1 присутствует низкий потенциал. Контакт 11 МГР1 связан с входом D10 магистрального передатчика DDI. Если сигнал на «Входе 1» (контакт 1 разъема XI) отсутствует — ток через светодиоды оптопары DA1.1 не течет, они не засвечивают фототранзистор и он остается закрытым. Потенциал контакта 11 МГР1 и связанного с ним входа D10 DDI высокий. Сигналы, поступающие на остальные входы МВДИ, собираются аналогичным образом на соответствующих входах микросхем DDI—DD4.

Одноименные выходы магистральных передатчиков DD1—DD4 объединены и образуют восьмибитную шину передачи данных, которая через разъемы X7 и X6 подключена к порту C процессора DD5 (входы PC0—PC7). Во время работы программы процессор поочередно подключает к шине передатчики, последовательно выставляя потенциал низкого уровня на выходах PB0—PB3, и считывает сигналы. Считанные сигналы проходят программную фильтрацию (это необходимо при входных сигналах переменного тока) и помещаются в буфер передачи.

Рассмотрим работу МВДИ при приеме и передаче информации. После инициализации программного обеспечения процессор выставляет сигнал низкого уровня на вывод PD2 (порт D) контакт 12 DD5 и тем самым переводит микросхему DD6 в режим приема. Запросы, посылаемые центральным устройством (ЦМСИ), поступают на разъем X2 (X3) и далее на контакты 6 и 7 DD6. После преобразования поступившей информации в микросхеме DD6 сигнал RxD с контакта 4 DD6 поступает в процессор на контакт 11, который его анализирует. Если поступивший запрос относится к данному МВДИ, то процессор устанавливает сигнал высокого уровня на контакте 12, переводя микросхему DD6 в режим передачи. Далее процессор транслирует информацию из буфера передачи (сигнал TxD) по цепи «контакт 10 DD5 — контакт 1 DD6». Микросхема DD6 преобразует сигнал и передает информацию центральному устройству. После окончания передачи процессор переводит микросхему DD6 в режим приема.

Конфигурация МВДИ сводится к установке адреса блока с помощью переключателей SA1—SA5 (согласно проекту).

Узел индикации состоит из трех светодиодов. При штатной работе системы на узле индикации горят два светодиода: светодиод HL3 (зеленый) индицирует о наличии внутреннего электропитания «+5В»; светодиод HL2 (красный) мигает — это говорит о том, что МВДИ получает запросы и отвечает на них.

Если МВДИ не получает запросов (в том числе и обращенных не к нему), светодиоды HL1 (красный) и HL2 горят ровным светом. Если МВДИ получает запросы, но они адресованы не к нему или искажены, то светодиод HL2 горит ровным светом.

Интерфейс программирования предназначен для записи программного обеспечения в процессор. В состав интерфейса входят следующие элементы: резисторы R36—R39, разъем X4. Интерфейс программирования подключен к порту В процессора.

Блок питания вырабатывает напряжение постоянного тока величиной +5 В и представляет собой преобразователь DC/DC, конструктивно оформленный как самостоятельный модуль, установленный на процессорной плате. Входным для преобразователя является напряжение постоянного тока с диапазоном изменения от 18 до 36 В (станционная батарея).

### **3. Разработка и отладка компьютерной модели пульта управления ДСП**

#### **3.1. Разработка алгоритмов работы и программного обеспечения микроконтроллеров**

В качестве среды разработки рабочих чертежей опытного образца была выбрана программа Splan седьмой версии. Основные различия с ранними версиями это удобный интерфейс проектирования и расширенный спектр библиотек радиоэлектронных компонентов, что в свою очередь облегчает создание и реализацию чертежей микроэлектронных устройств. Внешний вид программы Splan представлена на рисунке 4.1.

Рис.3.1. Внешний вид программного обеспечения Splan

Как видно из внешнего вида рабочей среды программы, с левой стороны расположены радиоэлектронные компоненты, выполненные по утверждённым стандартам.

sPlan - легкое и удобное программное обеспечение автоматизированного проектирования, разработанное для электронных и электрических принципиальных схем. В котором перемещение и расстановка компонентов с библиотеки до чертежа не составляет большой сложности и компоненты располагаются точно по сетке.

Все компоненты и элементы рисунка находятся в свободном редактировании на чертеже проекта. В программе, можно объединять группы, перемещать, вращать, сокращать, копировать, удалять компоненты принципиальной схемы.

sPlan оборудован большим количеством особенностей как автоматическая нумерация и авто-генерация составляющих списков элементов.

sPlan производит высококачественные распечатки, которые могут анонсироваться, чтобы приспособить масштаб и положение печати. Все изменения вступают в силу в предварительном просмотре.

Хорошо-сортированная библиотека содержит много частей, компонентов и символов. Так же можно расширить библиотеку собственными компонентами.

### **3.2. Разработка компьютерной модели схемы согласования в среде PROTEUS**

С помощью данного программного обеспечения были созданы рабочие чертежи проектируемого опытного образца, которые представлены на рисунке 3.2. Все размеры элементов данного чертежа выполнены в соответствии с государственными стандартами.

Рис. 3.2. Рабочий чертёж принципиальной схемы опытного образца

### **3.3. Исследование и анализ работоспособности компьютерной модели схемы согласования**

По разработанной принципиальной схеме изготовлены чертежи монтажной платы устройства. Способом планировки печатной платы была выбрана программа Sprint-Layout 5.0- простая программа для создания двухсторонних и многослойных печатных плат. Программное обеспечение включает в себя многие элементы, необходимые в процессе разработки полного проекта. В нее включены такие профессиональные возможности, как экспорт Gerber- файлов или HPGL-файлов, в то время как основа программы Sprint-Layout была сохранена. Sprint-Layout позволяет наносить на плату Контакты, SMD-контакты, проводники, полигоны, текст и так далее. Контактные площадки могут быть выбраны из широкого набора.

Существует два слоя – меди и компонентов - для каждой стороны платы. Дополнительно можно использовать слой формы платы, а также 2 внутренних слоя для многослойных плат. Дополнительные особенности – маска по олову, SMD-маска, металлизация, контроль и т.д.

Фото вид позволяет увидеть плату в почти реальном виде. Это помогает найти ошибки в создании платы. Библиотека имеет возможность добавления компонентов.

Программа предоставляет возможность выбора вариантов изменения печати.

Поддержка форматов Gerber и Excellon позволяет передачу файлов разработанных плат на профессиональное производство.

Рабочие чертежи монтажных плат представлены на рис. 3.3,

Рис. 3.3. Внешний вид монтажной платы модуля ввода дискретной информации

Разработка системы на основе одноплатных промышленных компьютеров. Для контроля и мониторинга технологического состояние устройств автоматики и телемеханики на ж.д. по сотовым каналам разработана система на основе микрокомпьютеров Raspberry Pi. Микрокомпьютеры Raspberry Pi подключается локальной сети через LAN порт, и использует технологии IoT для передачи данных. В качестве протокола обмена данных использован TCP/IP протоколы.

Разработка интерфейсный модуль для одноплатного компьютера Raspberry Pi. В "НИЛ СЦБ и связь" разработан интерфейсный модуль, предназначенный для подключения общепромышленных органов аппаратного управления и индикации к одноплатному компьютеру Raspberry Pi. Также данный модуль может использоваться для подключения датчиков и исполнительных механизмов с напряжением питания +24 В.

Рис.3.4 Внешний вид испытательного модуля

Интерфейсный модуль позволяет подключить к одноплатному компьютеру Raspberry Pi семь дискретных датчиков и восемь дискретных исполнительных механизмов. Питание датчиков и исполнительных механизмов осуществляется общепромышленным напряжением +24 В, подающимся на модуль от внешнего блока питания. Модуль осуществляет согласование уровней сигналов портов

ввода/вывода одноплатного компьютера Raspberry Pi с уровнями сигналов общепромышленного оборудования и обеспечивает их гальваническую развязку.

Рис.3.5 Принципиальная схема модуля сопряжения

Как видно из схемы электрической принципиальной интерфейсного модуля, он имеет защиту от неправильного подключения блока питания +24 В и индикатор наличия данного напряжения на модуле. Так же он включает однотипные гальванические развязки по входу А1-А7 и однотипные гальванические развязки по выходу В1-В8. Индикация состояния портов ввода/вывода находится со стороны общепромышленного оборудования.

Ток нагрузки порта ввода составляет 7.5 мА, суммарный ток всех портов ввода составляет 52.5 мА. Максимальный ток порта вывода составляет 150 мА, суммарный ток всех портов вывода составляет 1.2 А. При максимальной нагрузке с интерфейсным модулем, должен использоваться блок питания минимальной мощностью 36 Вт (выходной ток 1.5 А).

Ток нагрузки порта ввода одноплатного компьютера Raspberry Pi задан 3 мА, суммарный ток всех портов ввода составляет 21 мА. Ток нагрузки порта вывода одноплатного компьютера Raspberry Pi задан 2 мА, суммарный ток всех портов вывода составляет 16 мА. Суммарный ток нагрузки может достигать 37 мА, что меньше суммарного допустимого тока нагрузки 50 мА по напряжению +3.3 В одноплатного компьютера Raspberry Pi.

Рис.3.6 Принципиальная схема гальванической развязки

При разработке интерфейсного модуля учитывалось, что элементная база должна состоять из компонентов, которые могут быть легко приобретены в большинстве городов Узбекистана или замены на соответствующие аналоги. Кроме того все компоненты являются выводными, что обеспечивает простоту изготовления печатной платы и их монтаж.

Табл.3.1 Спецификация на интерфейсный модуль

Разработанная печатная плата интерфейсного модуля является односторонней и может быть изготовлена по лазерно-утюжной технологии. Это делает изготовление интерфейсного модуля доступным

для широкого круга студентов и преподавателей. Время изготовления составляет от одного до трех дней.

Рис.3.7 Вид печатной платы

Так как разъем одноплатного компьютера Raspberry Pi имеет сложную разводку большинство связей между ним и гальваническими развязками организовано посредством перемычек. На монтажной схеме каждой паре контактов, которые необходимо соединить перемычкой, присвоен один номер (пример 4-4). Перемычки можно делать как с верхней, так и с нижней стороны печатной платы. Для перемычек рекомендуется использовать изолированный провод НВ1 0.12 мм<sup>2</sup>.

Рис.3.8 Вид печатной платы после монтажа

Исходные файлы схемы электрической принципиальной можно посмотреть при помощи бесплатного программного обеспечения sPlan 7.0 – Viewer. Исходные файлы печатной платы можно посмотреть при помощи бесплатного программного обеспечения Sprint-Layout 6.0 – Viewer.

Подключение интерфейсного модуля. Подключение интерфейсного модуля к одноплатному компьютеру Raspberry Pi осуществляется при помощи соединительного шлейфа. Такой шлейф легко изготавливается из плоского шлейфа FC26 и двух обжимных разъемов IDC26-G. При этом обеспечивается надежность подключения одноплатного компьютера к интерфейсному модулю

Рис.3.9 Подключение микроэлектронного модуля

На рисунке приведено соответствие портов ввода/вывода одноплатного компьютера Raspberry Pi портам ввода/вывода интерфейсного модуля.

Рис.3.10 Общий вид с питанием модуля согласования

Подключение к интерфейсному модулю блока питания, датчиков и исполнительных механизмов выполняется при помощи трех разъемов X2, X3, X4, нумерация клемм разъемов идет слева на право.

Рис.3. Распределение индикации и клемников

Разъем X2 используется для подключения внешнего блока питания с напряжением +24 В. К клемме X2.1 подключается плюсовой выход блока питания, к клемме X2.2 подключается земляной выход блока питания.

Разъем X3 используется для подключения датчиков. Один вывод контакта датчика должен быть подключен таким образом, чтобы на него подавалось напряжения +24 В от источника питания, используемого в качестве блока питания модуля. Второй вывод контакта датчика должен быть подключен к одной из клемм X3.1-X3.7 портов ввода интерфейсного модуля. Клеммы X3.7 и X3.8 подключены параллельно и обе соответствуют порту ввода INPUT7.

Разъем X4 используется для подключения исполнительных механизмов. Так как гальваническая развязка коммутирует нагрузку на землю, один вывод исполнительного механизма должен быть подключен к +24 В источника питания, используемого в качестве блока питания модуля. Второй вывод исполнительного механизма должен быть подключен к одной из клемм X4.1-X4.8 портов вывода интерфейсного модуля.

Рис.3.11 Условная схема подключения

Разработка программного обеспечения АРМ ДСП. На основании технического задания было разработано программное обеспечение для АРМ ДСП. Программа была реализована на специализированной среде Microsoft Visual Studio 12 на программном языке Visual C# и загружена на стационарный компьютер линейного пункта (рис. 3.5).

Стационарный компьютер АРМ- ДСП выполнен на IBM-совместимом компьютере P4.

Рекомендуемый состав компьютера АРМ-ДСП:

- Системный блок: Pentium 4, 512Mb SDRAM, HDD 40Gb, DVD-ROM;
- Монитор LCD 19" и более;
- Клавиатура;
- Манипулятор «Мышь»;
- Источник бесперебойного питания типа APC Smarrt-UPS 700VA.

Компьютер должен быть оборудован последовательным (COM) и параллельным (LPT) портами, сетевым разъемом (RJ45), разъемом для подключения звукового устройства. Дополнительно компьютер должен иметь разъем для подключения клавиатуры и мыши (PS/2), разъем для подключения монитора (VGA). В качестве операционной системы применяется ОС Windows XP. Все периферийные устройства, входящие в состав компьютера, должны работать без сбоев.

По АРМ-ШН выполняется следующие функции:

- Контроль занятости и свободность приемоотправочных путей;
- Контроль занятости и свободность стрелочных секций;
- Контроль занятости и свободность без стрелочных секций;
- Контроль перегорания нити красного огня светофора;
- Контроль состояние стрелок;
- Контроль наличие питание на основных фидерах;
- Контроль нажатие кнопки на пульт-манипуляторе ДСП;

После старта программы АРМ-ШН на экране компьютера отображается мнемоническая схема станции. Разработанная оболочка программы для станции Хамза показана на рисунке 4.1. В данном этапе выпускной работы осуществляется съем информации о состоянии со станционных объектов.

Рис. 3.12. Автоматизированная рабочая места электромеханика СЦБ (АРМ-ШН)

На АРМе показана структурная схема станции, светофоры, стрелки, название стрелочных и безстрелочных участков, а также индикатор опроса внешних объектов. Свободность безстрелочных и стрелочных секции индицируется черным цветом на структурной схемы станции. Занятость стрелочных и безстрелочных участков индицируется

красным цветом. Установка поездных и маневровых маршрутов индицируется желтым цветом. А также на АРМе электромеханика показан контроль положения стрелок. Желтый цвет стрелки находится в минусовом положении, зеленый цвет стрелки находится в плюсовом положении.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В диссертации решена задача исследования вопроса разработки функциональной и принципиальной схемы узла согласования компьютера с объектами управления и контроля с целью вывода информации в АРМ ДСП. В частности, решены следующие задачи: Анализ существующих технических решений по реализации схемы увязки релейного оборудования с пультом управления и выносным табло, анализ информационных потоков, между стативами и существующим оборудованием рабочего места ДСП, анализ информационных потоков с позиции распределения управляющих сигналов, сигналов контроля и индикации существующего пульта управления станции, разработана функциональная схема узла согласования, разработано программное обеспечения контроллера узла согласования, компьютерная модель узла согласования, принципиальные схемы. Проведены анализ работоспособности и отладка виртуальной модели узла согласования, испытания и анализ работоспособности компьютерной модели пульта управления ДСП.

## Литература

1. **Обеспечение верховенства закона и интересов человека - гарантия развития страны и благополучия народа. Доклад избранного Президента Республики Узбекистан Шавката Мирзиёева на торжественном собрании, посвященном 24-й годовщине принятия Конституции Республики Узбекистан. (7 декабря 2016 года)**
2. Горбунов В.Л., Панфилов Д.И. Микропроцессоры: Лабораторный практикум: Учеб. Пособие для вузов / Под ред. Л.Н. Преснухина. М.: Высшая школа, 1984. 104с.
3. Сапожников Вл.В. и др. Микропроцессорные системы централизации. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 398 с.
4. Си Шарп: Создание приложений для Windows/ В. В. Лабор.— Мн.: Харвест, 2003. -384 с
5. Арипов М.М., Мухаммадиев Ж.У. Информатика, информацион технологиялар. –Т.: Тошкент давлат юридик институти, 2004. - 278 б.
6. Кондратьева Л.А. Устройства железнодорожной автоматики

- и телемеханики. – М.: Транспорт, 1983. – 232с.
7. Валиев Ш.К. Изучение и исследование схем блочной маршрутной централизации. – Екатеринбург.: УрГУПС, 2009. – 140 с.
  8. Кононов В.А. Изучение наборной группы блочной маршрутно-релейной централизации. Методические указания по выполнению лабораторных работ. – Санкт-Петербург.: ПГУПС, 2007. – 28 с.
  9. Микропроцессорные комплекты интегральных схем: Состав и структура: Справочник / В.С. Борисов, А.А. Васенкова и др.; Под ред. А.А. Васенкова, В.А. Шахнова. М.: Радио и связь, 1982. 192с.
  10. Проектирование цифровых систем на комплектах микропрограммируемых БИС / С.С. Булгаков, В.М. Мещеряков, В.В. Новоселов, А.А. Шумилов; Под ред. В.Г. Колесникова. М.: Радио и связь, 1984. 240с.
  11. Белов А.В. Конструирование устройств на микроконтроллерах. – СПб.: Наука и Техника, 2005. – 256 с.: ил.
  12. Николаенко. М.Н. Самоучитель по радиоэлектронике. – М.: НТ Пресс, 2006. – 224 с.: ил
  13. Гуртовцев А.Л., Гудыменко С.В. Программы для микропроцессоров: Справ. Пособие. – Мн.: Выш.шк., 1989. – 352с.: ил.
  14. Бродин В.Б., Калинин А.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики – М.: Издательство ЭКОМ, 2002 – 400 с.: илл.
  15. Майоров С.А. и др. Введение в микроЭВМ - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988.-304 с.: ил.
  16. Шпак Ю.А. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров. – К.: «МК-Пресс», 2006. – 400 с.
  17. Системы телеуправления на железнодорожном транспорте. Брижака Е.П. – М.: Маршрут, 2005
  18. Язык программирование С# и платформа .NET 4. Эндрю Троелсен, Я.Волкова, А.Моргунова, Н.Мухина. Вильямс – 2010 год.

19. С# 4.0. Полное руководство. Герберт Шилдт, И.Берштейн. Вильямс – 2013 год.
20. <http://dssp.petrus.ru/~IVK/zhirin/inf/inf/read12>
21. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
22. <https://www.microsoft.com/>
23. [http://easyprog.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=423&Itemid=54](http://easyprog.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=423&Itemid=54)
24. <http://nullpro.info/2013/samouchitel-po-c-dlya-nachinayushhix-01-osnovy-yazyka-peremennye-logika-cikly/>
25. [http://informaks.narod.ru/algo\\_baz.htm/](http://informaks.narod.ru/algo_baz.htm/)
26. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
27. <https://habrahabr.ru/sandbox/41335/>
28. <http://kpolyakov.spb.ru/school/c.htm>
29. <http://cppstudio.com/cat/271/>
30. <https://code-live.ru/tag/cpp-manual/>
31. [https://ru.wikipedia.org/wiki/C\\_Sharp](https://ru.wikipedia.org/wiki/C_Sharp)
32. [http://life-prog.ru/view\\_cat.php?cat=10](http://life-prog.ru/view_cat.php?cat=10)
33. <http://nullpro.info/2013/samouchitel-po-c-dlya-nachinayushhix-01-osnovy-yazyka-peremennye-logika-cikly/>

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**