

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 27.01.2024 11:58:19
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11ea07c32e904487b065600e

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра биомедицинской инженерии

Утверждаю

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова



2023 г.

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические рекомендации по выполнению практических работ для студентов направления подготовки 12.03.04 – «Биотехнические системы и технологии» (бакалавр)

Курск 2023

УДК 621.(076.1)

Составители: А.А.Кузьмин

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент *Т.Н. Конаныхина*

Конструирование и технология биотехнических систем: методические рекомендации по выполнению практических работ для студентов направления подготовки 12.03.04 – «Биотехнические системы и технологии» (бакалавр) / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А.Кузьмин. - Курск, 2023. - 20 с.

Содержат методические рекомендации к проведению практических работ по дисциплине «Конструирование и технология биотехнических систем». Методические указания по структуре, содержанию и стилю изложения материала соответствуют методическим и научным требованиям, предъявляемым к учебным и методическим пособиям.

Предназначены для студентов направления подготовки 12.03.04 – «Биотехнические системы и технологии» (бакалавр)

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 25.03.23 Формат 60x84 1/16
Усо.печ.л. 1,2. Уч.-изд.л. 1,0. Тираж 30 экз. Заказ: 1080. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040. г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Практическое занятие №1 Разработка патентных исследований.

1. Цель работы: научиться проводить патентные исследования, предпроектные работы, обосновывать актуальность проблемы, формировать цели и задачи проекта.

2. Информационные материалы к занятию

Согласно ГОСТ Р 15.011-96 «Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения» патентные исследования определяются как исследования технического уровня и тенденций развития объектов хозяйственной деятельности, их патентоспособности, патентной чистоты, конкурентоспособности (эффективности использования по назначению) на основе патентной и другой информации. По своему характеру и содержанию патентные исследования относятся к прикладным научно-исследовательским работам и являются неотъемлемой составной частью обоснования принимаемых хозяйствующими субъектами решений народнохозяйственных задач, связанных с созданием, производством, реализацией, совершенствованием, использованием, ремонтом и снятием с производства объектов хозяйственной деятельности.

Патентные исследования проводят следующие хозяйствующие субъекты:

- исполнители НИР и ОКР;
- заказчики (основные потребители объектов хозяйственной деятельности);
- изготовители (поставщики) объектов хозяйственной деятельности и др.

В зависимости от практической потребности патентные исследования проводят:

- заказчик (основной потребитель) — при прогнозировании, перспективном и текущем планировании, определении направлений, темпов развития средств технического обеспечения своей деятельности, исследовательском проектировании, формировании заказов исполнителям, поставщикам, при использовании (эксплуатации) продукции;
- исполнитель научно-исследовательских работ — при прогнозировании, перспективном и текущем планировании научных исследований,

выборе направлений исследований для создания новых и модернизации существующих объектов техники и их технико-экономическом обосновании; при определении инжиниринговых услуг; при изыскании, исследовании применения объектов техники по новому назначению; при выполнении научно-исследовательских работ и их этапов; при осуществлении научно-технического сотрудничества;

— исполнитель (разработчик, проектант, проектировщик) — при прогнозировании, перспективном и текущем планировании своей деятельности; при обосновании необходимости выполнения конкретных работ; в процессе выполнения опытно-конструкторских, проектно-конструкторских, проектных, технологических, изыскательских и других работ (в том числе аванпроектов) и их этапов; при обосновании выбора форм реализации и обеспечения условий реализации продукции; при решении вопросов использования опыта и знаний сторонних организаций и фирм; при определении инжиниринговых услуг; при осуществлении научно-технического сотрудничества;

— все хозяйствующие субъекты — при решении вопросов правовой охраны объектов промышленной (интеллектуальной) собственности.

Результаты патентных исследований используют при разработке документов, связанных с деятельностью хозяйствующего субъекта и обоснованием принимаемых им решений, в том числе:

— прогнозов, программ, бизнес-планов, планов создания и развития производства объектов техники и оказания услуг; — договорной документации;

— планово-технической документации на выполнение НИР и ОКР (например, тематических карточек, заявок на разработку и освоение продукции, исходных требований заказчика, технико-экономических обоснований, технических и тактико-технических заданий);

— отчетной научно-технической, конструкторской, технологической, проектной документации, технических условий (технических описаний), стандартов на разработанную продукцию, а также актов сдачи-приемки научно-технической продукции;

— документации, связанной с оценкой технического уровня и качества продукции, модернизацией или снятием ее с производства;

— документации, связанной с постановкой на производство объектов техники, реализацией объектов техники, объектов промышленной собственности и услуг на внутреннем и внешнем рынках;

— документации, относящейся к формированию и реализации научно-технической, патентной и коммерческой политики хозяйствующего субъекта;

екта;

— документации, связанной с формированием и реализацией инвестиционной политики и кредитированием, с подготовкой инвестиционных предложений и проектов;

— документации, подтверждающей право хозяйствующего субъекта на налоговые льготы;

— другой документации, содержание которой может быть основано на результатах патентных исследований.

При необходимости в документах, разработанных с использованием результатов патентных исследований, приводят ссылку на источник — отчет о патентных исследованиях с указанием его реквизитов.

Задачей патентных исследований при проведении предпроектных работ для обоснования целесообразности разработки новой медицинской техники является определение текущего уровня техники, существующих схемотехнических решений и обоснование требований по совершенствованию существующей и созданию новой продукции. Поэтому в общем случае содержание патентных исследований может составлять следующее:

— исследование технического уровня объектов хозяйственной деятельности, выявление тенденций, обоснование прогноза их развития;

— исследование состояния рынков данной продукции, сложившейся патентной ситуации, характера национального производства в странах исследования;

— исследование требований потребителей к продукции и услугам;

— исследование направлений научно-исследовательской и производственной деятельности организаций и фирм, которые действуют или могут действовать на рынке исследуемой продукции;

— анализ коммерческой деятельности, включая лицензионную деятельность разработчиков (организаций и фирм), производителей (поставщиков) продукции и фирм, предоставляющих услуги, их патентной политики для выявления конкурентов, потенциальных контрагентов, лицензиаров и лицензиатов, партнеров по сотрудничеству;

— анализ деятельности хозяйствующего субъекта; выбор оптимальных направлений развития его научно-технической, производственной и коммерческой деятельности, патентной и технической политики и обоснование мероприятий по их реализации;

— обоснование конкретных требований по совершенствованию существующей и созданию новой продукции и технологии, а также организации выполнения услуг; обоснование конкретных требований по обеспе-

чению эффективности применения и конкурентоспособности продукции и услуг; обоснование проведения необходимых для этого работ и требований к их результатам;

— обоснование предложений о целесообразности разработки новых объектов промышленной собственности для использования в объектах техники, обеспечивающих достижение технических показателей, предусмотренных в техническом задании (тактико-техническом задании);

— выявление технических, художественно-конструкторских, программных и других решений, созданных в процессе выполнения НИР и ОКР с целью отнесения их к охраноспособным объектам интеллектуальной собственности, в том числе промышленной;

— исследование патентной чистоты объектов техники (экспертиза объектов техники на патентную чистоту, обоснование мер по обеспечению их патентной чистоты и беспрепятственному производству и реализации объектов техники в стране и за рубежом) и т.п.

Порядок выполнения патентных исследований включает:

— определение задач патентных исследований, видов исследований и методов их проведения и разработку задания на проведение патентных исследований;

— определение требований к поиску патентной и другой документации, разработку регламента поиска;

— поиск и отбор патентной и другой документации в соответствии с утвержденным регламентом и оформление отчета о поиске; — систематизацию и анализ отобранной документации; — обоснование решений задач патентными исследованиями; обоснование предложений по дальнейшей деятельности хозяйствующего субъекта, подготовка выводов и рекомендаций;

— оформление результатов исследований в виде отчета о патентных исследованиях.

Задание на проведение патентных исследований разрабатывают применительно к работе в целом и (или) отдельному ее этапу по приложению А. В задание включают:

— наименование и шифр работы, при необходимости этап работы, срок выполнения работы или этапа и конкретные задачи патентных исследований, которые должны быть выполнены для обоснования принимаемых решений по обеспечению конечного результата работ (этапа), включающих своей составной частью патентные исследования.

— календарный план, определяющий конкретные виды исследований, обеспечивающих решение задач, включенных в задание, сроки их выпол-

нения, исполнителей, в том числе привлекаемых к проведению патентных исследований сторонних организаций, а также отчетные документы, которые должны быть подготовлены.

Задание на проведение патентных исследований разрабатывают подразделения — исполнители работы и патентное подразделение и утверждает ответственный руководитель работы (например, руководитель научно-исследовательской работы, разработки аванпроекта, главный или генеральный конструктор опытно-конструкторской работы, главный инженер проекта).

Регламент поиска разрабатывают подразделения — исполнители работы и патентное подразделение в соответствии с заданием на проведение патентных исследований применительно к работе в целом и (или) к каждому ее этапу, при выполнении которых необходимы патентные исследования, по приложению Б. В регламенте приводят обоснование его требований. При обосновании требований к поиску исходят из необходимости обеспечения достоверности результатов патентных исследований, учитывая наличие и состояние информационно-поисковых систем и технических средств поиска, а также его объем, решают вопрос о привлечении сторонних организаций для выполнения поиска.

По результатам проведенного поиска отбирают информацию для дальнейшего анализа и составляют отчет о поиске (приложение В).

Отчет о патентных исследованиях должен содержать:

- титульный лист;
- список исполнителей;
- содержание;
- перечень сокращений, условных обозначений, символов, единиц, терминов;
- общие данные об объекте исследований;
- основную (аналитическую) часть;
- заключение;
- приложения.

Общие данные об объекте исследований должны содержать: — даты начала и окончания работы (год, месяц);

— краткое описание объекта, его назначение, область применения.

Общие данные могут быть дополнены другой информацией (наименование, отраслевая принадлежность организации-заказчика, предприятия-изготовителя и т.д.).

Основная (аналитическая) часть отчета о патентных исследованиях в общем случае включает разделы:

— технический уровень и тенденции развития объекта хозяйственной деятельности;

— исследование патентной чистоты объекта техники; Каждый раздел основной (аналитической) части отчета должен содержать:

— анализ и обобщение информации в соответствии с поставленными перед патентными исследованиями задачами;

— обоснование оптимальных путей достижения конечного результата данной работы (ее этапа), например, выполнение НИР и ОКР или конкретных действий предприятия (организации);

— оценку соответствия завершенных патентных исследований заданию на их проведение, достоверности их результатов, степени решения поставленных перед патентными исследованиями задач, обоснование необходимости проведения дополнительных патентных исследований. При необходимости разделы основной (аналитической) части отчета о патентных исследованиях иллюстрируют таблицами, расчетами, в том числе приведенными в приложении Д.

В заключении в общем случае приводят:

— обобщенные выводы по результатам проведенных патентных исследований;

— предложения по использованию результатов патентных исследований для совершенствования научно-технической, производственной продукции, услуг и развития деятельности предприятия (организации), в том числе необходимость выполнения комплекса или отдельных видов НИР и ОКР и других работ для создания, постановки на производство новых (усовершенствованных) объектов техники, предоставления услуг.

В приложения к отчету о патентных исследованиях включают:

— задание на проведение патентных исследований;

— регламент поиска;

— отчет о поиске;

— описания изобретений, аннотации документов и другие справочные материалы, отобранные при проведении поиска.

Отчет о патентных исследованиях утверждает ответственный руководитель работы, выдавший задание на проведение патентных исследований.

Отчет о патентных исследованиях хранится в комплекте документации на объект хозяйственной деятельности в порядке, установленном для хранения этой документации.

3. Порядок работы на практическом занятии

3.1 Оформить задание на проведение патентных исследований.

3.2 Провести поиск патентной и другой информации по теме курсового проекта.

3.3 Составить отчет о патентных исследованиях. Отчет должен основываться на не менее чем четырех источниках информации.

Практическое занятие № 2

Разработка медико-технических требований

1. Цель работы: научиться разрабатывать медико-технические требования (МТТ) на разработку и освоение новой медицинской техники.

2. Информационные материалы к занятию

Согласно ГОСТ Р 15.013-94 «Система разработки и постановки продукции на производство. Медицинские изделия» медико-технические требования, выполняющие роль технического задания, разрабатывает организация-разработчик изделия совместно с организацией - медицинским соисполнителем на основе изучения и анализа достижений отечественной и зарубежной техники, передовой технологии производства, результатов выполненных научно-исследовательских работ, а также на основе исходных требований, приведенных в заявке или предложении. Медико-технические требования разрабатываются с учетом специфики изделия в соответствии с приложениями Б и В ГОСТ Р 15.013-94 и направляются в Минздравмедпром России, подписанные организацией-разработчиком, организацией - медицинским соисполнителем и другими соисполнителями, на рассмотрение и утверждение.

Содержание разделов зависит от вида изделия и определяется разработчиками медико-технических требований.

1 Наименование и область применения изделия

1.1 Наименование и обозначение изделия (полное и сокращенное).

1.2 Область применения.

2 Основание для разработки

2.1 Полное наименование документов и номера их позиций, на основании которых планируется разработка изделия, организации, утвердившие эти документы, и Дата утверждения, в том числе номер и дата рекомендации Минздравмедпрома России о целесообразности разработки (модернизации) изделия.

3 Исполнители разработки

3.1 Полное наименование:

организации-разработчика;

организации-соисполнителя (при наличии);

организации - медицинского соисполнителя;

предприятия-изготовителя образцов;

предприятия-изготовителя серии (если оно определено).

4 Цель и назначение разработки

4.1 Основная цель разработки и ожидаемый медицинский, технический, экономический или социальный эффект при использовании изделия.

4.2 Непосредственно функциональное назначение изделия в лечебно-диагностическом процессе, область использования (применения), в соответствии с методикой диагностических исследований, лечебных воздействий (с указанием величины воздействия), измерений (с указанием измеряемых величин), хирургических вмешательств, вспомогательных операций и т.п.

4.3 Возможности разрабатываемого изделия, расширяющие целевое назначение и обеспечивающие преимущества по сравнению с существующими аналогами.

5 Источники разработки

5.1 Исходные требования заявки или предложения на разработку, отчетов по НИР, ОКР, предшествовавших разработке, стандартов на общие технические требования, конструкцию, размеры и основные параметры разрабатываемого изделия и т.д.

6 Медицинские требования

6.1 Требования к выполнению изделием функциональных задач в лечебно-диагностическом процессе.

Оценка медицинских последствий нарушения функционирования изделия во время его применения.

6.2 Физический, медико-биологический, биохимический и т.д. эффекты или явление, на которых основан принцип действия изделия.

6.3 Количество каналов, объектов исследования рабочих мест, число обслуживаемых пациентов, пропускная способность или производительность изделия.

6.4 Требования к средствам установки, контроля и регулирования режимов работы.

6.5 Требования к способам и средствам отображения и регистрации медико-биологической информации.

6.6 Требования к порядку взаимодействия между персоналом (медицинским, инженерно-техническим) и пациентом в процессе применения изделия.

6.7 Требования об отсутствии отрицательных побочных эффектов в результате применения разрабатываемого изделия (при необходимости).

6.8 Специальные медицинские требования, определяемые назначением и принципом действия изделия

7 Технические требования

7.1 Состав изделия

7.1.1 Основные составные части изделия

7.1.2 Запасные части и принадлежности

7.1.3 Эксплуатационные документы (при необходимости).

7.2 Показатели назначения

7.2.1 Технические параметры

7.2.2 Метрологические характеристики средств измерения медицинского назначения по ГОСТ 8.009, ГОСТ 8.256, ГОСТ 22261 и стандартам на виды средств измерений.

7.2.3 Характеристики энергопитания

7.2.4 Временные характеристики

7.2.4.1 Требуемое время непрерывной работы

7.2.4.2 Характеристики рабочего цикла

7.2.4.3 Время готовности (подготовки) к работе.

7.3. Условия эксплуатации (использования, транспортирования и хранения)

7.3.1 Требования устойчивости разрабатываемого изделия к воздействующим факторам внешней среды.

7.3.1.1 Требования устойчивости к климатическим и механическим воздействиям при эксплуатации по стандартам на виды изделия.

7.3.1.2 Требования устойчивости к воздействиям медико-биологической среды применения или медицинских условий использования изделия.

7.3.1.3 Требования устойчивости изделия и (или) его составных частей к стерилизации или дезинфекции.

7.3.1.4 Требования устойчивости к климатическим и механическим воздействиям при транспортировании.

7.3.2 Виды транспортных средств, необходимость крепления при транспортировании и защиты от ударов при погрузке и выгрузке.

7.3.3 Требования к медицинскому и техническому персоналу.

7.3.4 Требования к периодичности и видам контроля технического состояния, обслуживания.

7.4 Требования безопасности по стандартам на виды изделий

7.4.1 Требования к уровням шума, радиации, излучений и т.д.

7.4.2 Требования к уровню вредных и опасных воздействий, возникающих при работе изделия.

7.4.3 Требования безопасности при монтаже, использовании, техническом обслуживании и ремонте (при необходимости).

7.4.4 Требования электробезопасности (для изделий, имеющих физический или электрический контакт с пациентом по ГОСТ Р 50267.0).

7.4.5 Требования радиационной, пожаро- и взрывобезопасности - для соответствующих видов изделий (при необходимости).

7.4.6 Токсикологические требования к изделию, материалам и покрытиям (при необходимости).

7.4.7 Требования к температуре наружных частей изделия.

7.5 Требования к надежности

7.5.1 Класс изделия и (или) его составных частей и зависимости от последствий отказов по ГОСТ Р 50444.

7.5.2 Показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости изделий и (или) его составных частей (каналов, блоков и т.п.) по РД 50-707.

7.5.3 Метод и стадия контроля показателей надежности.

7.6 Требования к конструктивному устройству

7.6.1 Габаритные размеры, масса (объем) изделия.

7.6.2 Площадь, занимаемая изделием.

7.6.3 Требования к материалам, полуфабрикатам и комплектующим изделиям.

7.6.4 Требования к покрытиям и средствам защиты от коррозии.

7.6.5 Требования к параметрическому и конструктивному сопряжению с другими изделиями для работы в комплексе.

7.6.6 Специфические конструктивные требования.

7.6.7 Требования взаимозаменяемости сменных сборочных единиц и частей.

7.7 Эргономические требования

7.7.1 Требования, обеспечивающие соответствие изделия антропометрическим возможностям человека.

7.7.2 Требования, обеспечивающие соответствие изделия физиологическим возможностям человека.

7.8 Эстетические требования

7.9 Требования патентной чистоты и патентоспособности

7.9.1 Требования по обеспечению патентной чистоты разрабатываемого изделия.

7.9.2 Наличие в разрабатываемом изделии технических решений, защищенных патентами:

- на изобретение;
- на полезную модель;
- на промышленный образец.

7.10 Требования к маркировке и упаковке

7.10.1 Требования к качеству маркировки, содержанию, способу и месту нанесения маркировки.

7.10.2 Требования к консервации и упаковке изделия, в том числе требования к таре, материалам, применяемым при упаковке, и т.д.

8 Метрологическое обеспечение

8.1 Требования к разработке, аттестации и постановке на производство специальных средств поверки, стендовой аппаратуры, стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, при необходимости в них при испытаниях и эксплуатации.

8.2 Требования к разработке и включению в состав изделия средств и устройств его калибровки, самоконтроля и технического диагностирования.

9 Экономические показатели

9.1 Источник финансирования

9.2 Ориентировочная стоимость изделия на момент разработки.

9.3 Ориентировочная потребность.

10 Стадии и этапы разработки

10.1 Стадии и этапы разработки и сроки их выполнения указывают в табличной форме (см. таблицу). Указывают необходимые этапы разработки конкретного изделия, определяемые организацией-разработчиком по ГОСТ 2.103 и настоящим стандартом.

Наименование этапа	Сроки выполнения (квартал, год)	Исполнители, соисполнители	Характер работы (по исполнителям)
--------------------	---------------------------------	----------------------------	-----------------------------------

11 Порядок испытаний и приемки

11.1 Порядок испытаний и приемки по разделу 5 настоящего стандарта.

В разделе указывают количество образцов, представляемых на приемочные испытания, а также ориентировочные сроки проведения медицинских испытаний.

12 Дополнительные требования

12.1 Раздел составляют при необходимости.

Дополнительные требования формируют и включают в процессе согласования и утверждения МТТ.

13 Приложения (перечень)

13.1 Таблицы сравнительных данных с аналогами для оценки технического уровня разработки (для современных и перспективных отечественных и зарубежных аналогов), выполненные по формам 2 и 4 ГОСТ 2.116.

13.2 План-график проведения медико-биологических исследований и работ, выполняемых медицинским соисполнителем с целью обеспечения разработки.

13.3 Дополнительные приложения при необходимости.

Пример оформленных и утвержденных Минздравом МТТ приведен ниже.

3. Порядок работы на практическом занятии

3.1 Изучить ГОСТ Р 15.013-94.

3.2 Разработать медико-технические требования на прибор, разрабатываемый в рамках курсового проекта.

Практическое занятие №4. Расчет надежности прибора

Основными показателями надежности являются: интенсивность отказов λ (ч⁻¹), средняя наработка до отказа t_0 , вероятность безотказной работы $P(t)$.

Интенсивность отказов представляет собой вероятность отказа в единицу времени и статистически определяется как отношение числа изделий, отказавших в работе за единицу времени, к числу исправно работающих изделий за то же самое время: $\lambda = \frac{N_i}{N_t} (\text{ч}^{-1})$.

Средняя наработка до отказа – это ожидаемое время исправной работы системы до первого отказа и определяется как $t_0 = \frac{1}{\lambda}$ (ч).

Вероятность безотказной работы характеризуется частотой отказов изделий и статистически может определяться как $P(t) = \frac{(N - N_i)}{N}$, где N – общее число изделий в момент времени $t=0$, N_i – число изделий, исправленных к моменту времени t .

Исходными данными для расчета надежности являются: число узлов (блоков) N , число элементов в узлах (блоках) N_i .

Интенсивность отказов $\lambda_s(t)$ элементов определяется как сумма интенсивностей отказов каждого элемента

$$\lambda_s(t) = \sum_{i=1}^N \lambda_i(t) \quad (1)$$

В системе с последовательным включением элементов вероятность безотказной работы, изменяющаяся по экспоненциальному закону, имеет вид:

$$R_s = e^{-\lambda_s(t)} \quad (2)$$

В системе с параллельным включением элементов вероятность безотказной работы имеет вид:

$$R_s = 1 - (1 - e^{-\lambda_s(t)})^2 \quad (3)$$

При оценках надежности особенности эксплуатации учитываются с помощью поправочных коэффициентов K_λ , при этом $\lambda_i = \lambda_{ин} \cdot K_\lambda$, где $\lambda_{ин}$ –

интенсивность отказов в нормальных условиях применения; $K_{\lambda} = K_{\lambda 1} \cdot K_{\lambda 2} \cdot K_{\lambda 3}$, где $K_{\lambda 1}$ - коэффициент, учитывающий воздействие на электронные системы механических факторов; $K_{\lambda 2}$ - коэффициент, учитывающий воздействие на электронные системы климатических факторов; $K_{\lambda 3}$ - коэффициент, учитывающий воздействие на электронные системы повышенного атмосферного давления.

Для расчета влияния режима работы на интенсивность отказов электрорадиоэлементов вводят коэффициент нагрузки $K_H = \frac{K_{\text{раб}}}{K_{\text{пон}}}$, равный отношению нагрузки в рабочем режиме к нагрузке в пониженном режиме. В соответствии со справочными данными []:

для резисторов $K_H = 0.2$ при этом $\frac{\lambda}{\lambda_0} = 0.6$ ($t = 50^\circ\text{C}$);

для конденсаторов $K_H = 0.8$ при этом $\frac{\lambda}{\lambda_0} = 1.1$ ($t = 50^\circ\text{C}$);

для интегральных схем $K_H = 0.6$ при этом $\frac{\lambda}{\lambda_0} = 1.5$ ($t = 50^\circ\text{C}$);

для полупроводниковых приборов $K_H = 0.7$ при этом $\frac{\lambda}{\lambda_0} = 1.8$ ($t = 50^\circ\text{C}$).

Интенсивность отказов элементов при нормальных условиях работы (температура окружающей среды $T = (298 \pm 10)\text{K}$, относительная влажность $(65 \pm 15)\%$) для используемых элементов следующая:

для резисторов $\lambda = 0.1 \cdot 10^{-7} \text{ч}^{-1}$;

для конденсаторов $\lambda = 0.3 \cdot 10^{-7} \text{ч}^{-1}$;

для интегральных схем $\lambda = 0.2 \cdot 10^{-5} \text{ч}^{-1}$;

для полупроводниковых приборов $\lambda = 0.5 \cdot 10^{-5} \text{ч}^{-1}$;

для паяной точки $\lambda = 0.5 \cdot 10^{-9} \text{ч}^{-1}$;

для печатной платы (односторонней) $\lambda = 1.0 \cdot 10^{-7} \text{ч}^{-1}$.

Схема разрабатываемого прибора представляет собой систему с последовательно и параллельно включенными элементами (рисунок 1)

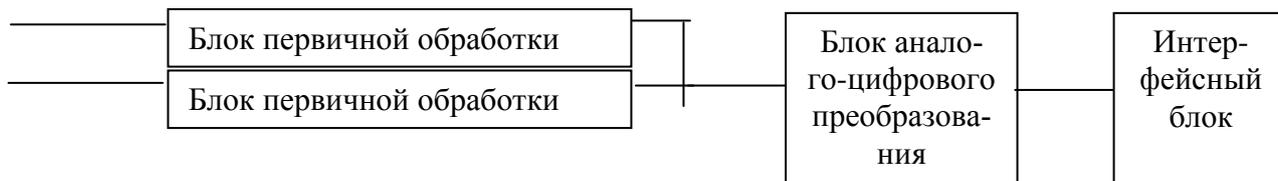


Рисунок 1 - Схема разрабатываемого прибора

Элементом системы с параллельным включением является блок первичной обработки сигнала. Элементами системы с последовательным включением являются блок аналого-цифрового преобразования и интерфейсный блок.

В таблице 1 сведены элементы и их количество, входящие в систему с параллельным и последовательным включением элементов.

Таблица 1 – Элементы, входящие в разрабатываемый прибор

Система включения элементов	Число элементов в узле				
	Резисторов	Конденсаторов	Интегральных схем	Полупроводниковых приборов	Паяных точек
Параллельное включение	14	0	4	2	76
Последовательное включение	8	2	7	1	60

Рассчитаем интенсивность отказов всех элементов в параллельной системе включения, учитывая данные таблицы 1 и значения поправочных коэффициентов.

$$\lambda_s(t)_{резист} = 14 \cdot 0.1 \cdot 10^{-7} \cdot 1.1 = 1.54 \cdot 10^{-7} \text{ ч}^{-1};$$

$$\lambda_s(t)_{инт.сх} = 4 \cdot 0.2 \cdot 10^{-5} \cdot 1.5 = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1};$$

$$\lambda_s(t)_{п.приб} = 2 \cdot 0.5 \cdot 10^{-5} \cdot 1.8 = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1};$$

$$\lambda_s(t)_{паян.т} = 76 \cdot 0.5 \cdot 10^{-9} = 0.38 \cdot 10^{-7} \text{ ч}^{-1}.$$

Используя формулу (7.1), найдем интенсивность безотказной работы параллельной системы:

$$\lambda_s(t) = 3 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}.$$

Вероятность безотказной работы параллельной системы рассчитаем по формуле (7.2):

$$R_s = e^{-3 \cdot 10^{-5}} = 0.99997$$

Рассчитаем интенсивность отказов всех элементов в последовательной системе включения, учитывая данные таблицы 7.1 и значения поправочных коэффициентов.

$$\lambda_s(t)_{конд} = 2 \cdot 0.3 \cdot 10^{-7} \cdot 0.6 = 0.36 \cdot 10^{-7} \text{ ч}^{-1};$$

$$\lambda_s(t)_{резист} = 8 \cdot 0.1 \cdot 10^{-7} \cdot 1.1 = 0.88 \cdot 10^{-7} \text{ ч}^{-1};$$

$$\lambda_s(t)_{инт.сх} = 7 \cdot 0.2 \cdot 10^{-5} \cdot 1.5 = 2.1 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1};$$

$$\lambda_s(t)_{п.приб} = 1 \cdot 0.5 \cdot 10^{-5} \cdot 1.8 = 0.9 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1};$$

$$\lambda_s(t)_{паян.т} = 60 \cdot 0.5 \cdot 10^{-9} = 30 \cdot 10^{-9} \text{ ч}^{-1}.$$

Используя формулу (7.1), найдем интенсивность безотказной работы последовательной системы:

$$\lambda_s(t) = 3 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}.$$

Вероятность безотказной работы последовательной системы рассчитаем по формуле (7.3):

$$R_s = 1 - (1 - e^{-3 \cdot 10^{-5}})^2 = 0.99999$$

Вероятность безотказной работы всего прибора равна произведению вероятностей безотказной работы в параллельной и в последовательной системах включения:

$$P(t) = 0.99997 \cdot 0.99999 = 0.99996$$

Интенсивность отказа изделия в целом

$$\lambda_{\Sigma} = 3 \cdot 10^{-5} + 3 \cdot 10^{-5} \approx 6 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}.$$

Средняя наработка до отказа

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{6 \cdot 10^{-5}} \approx 16600 \text{ ч.}$$

3. Порядок работы на практическом занятии

3.1 Оформить расчет надежности изделия на основе справочных данных надежности его компонентов.

3.2 Составить отчет. Сделать вывод о достижении необходимых показателей надежности.

Практическое занятие №5.

Расчет элементов и узлов с использованием САПР

1 Краткие теоретические сведения

Система Proteus предназначена для моделирования аналоговых и цифровых электронных схем, в том числе широкой номенклатуры микроконтроллеров. Среди прочих САПР, которые тоже позволяют моделировать электронные схемы, Proteus выгодно отличаются мощными возможностями отладки программ для микроконтроллеров, а также интерактивного симулирования схем в реальном времени с вводом-выводом информации на реальные физические порты компьютера (COM, USB).

Proteus состоит из двух основных частей:

ISIS – средство для построения принципиальных схем, схемного моделирования и отладки программ микроконтроллеров.

ARES (Advanced Routing and Editing Software) – модуль для проектирования печатных плат.

Рассмотрим основные приемы работы с модулем ISIS. Запустите ISIS. Вид ISIS версии 7 показан на рисунке 1.

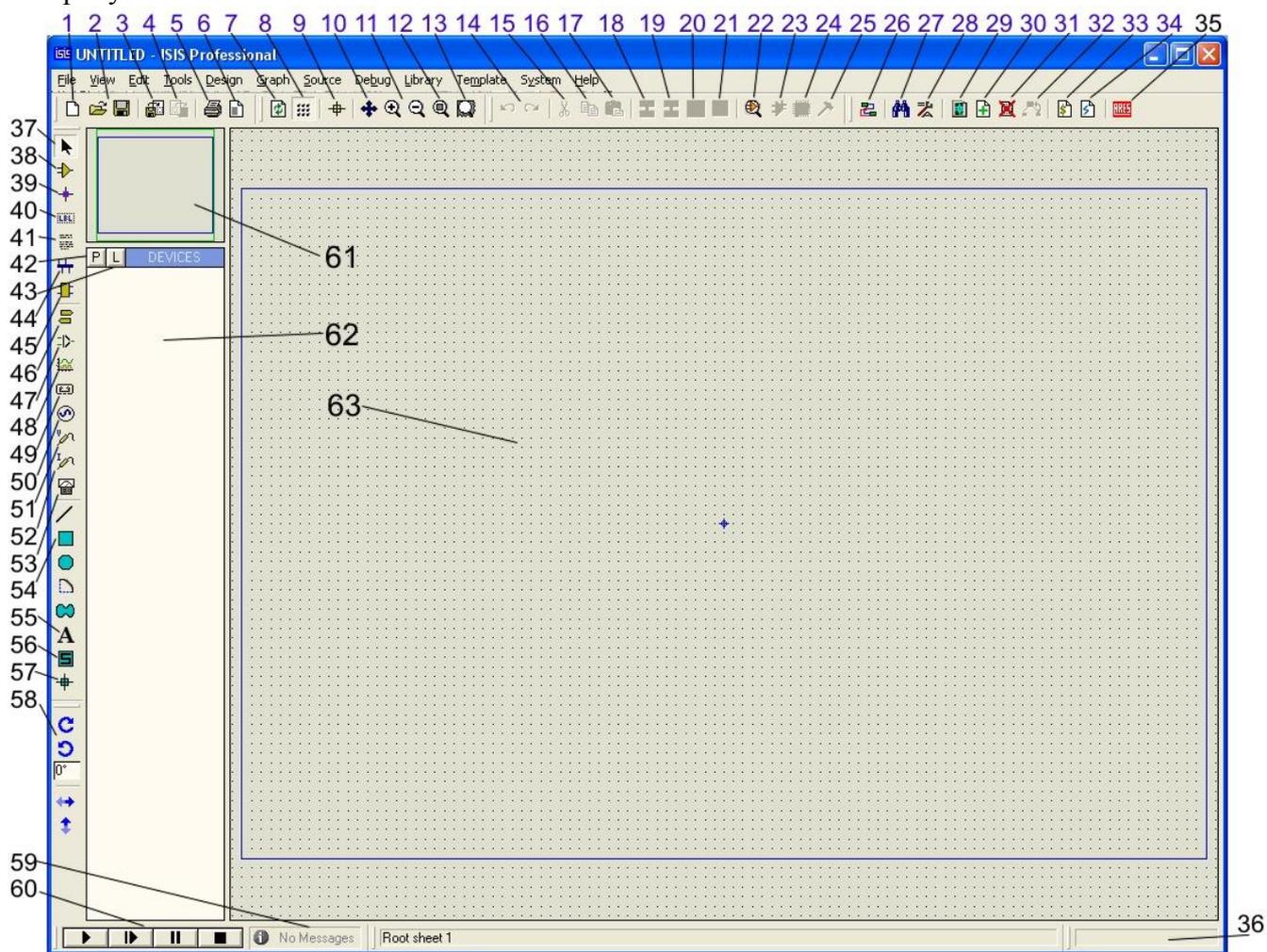


Рисунок 1 - Вид окна ISIS при запуске

Подробнее опишем элементы интерфейса (рисунок 1):

- 1 - создается новый проект с установками по умолчанию;
- 2 – загрузка и запись проекта;
- 3, 4 – загрузка из файла и запись в файл выделенного блока (секции). Операция по действию аналогична кнопке 18;

- 5 – вывод проекта на печатающее устройство (принтер);
- 6 – выделяет область, выводимую на принтер;
- 7 – перерисовка экрана;
- 8 – включает/выключает сетку;
- 9 – установка относительного центра координат. Позволяет установить новый центр координат, после чего в панели 36 будут выводиться новые относительные смещения курсора;
- 10 – установка центра дисплея над позицией курсора;
- 11 – кнопки изменения масштаба. Аналогичная функция присвоена колесу мыши.
- 12 – масштаб изображения – весь лист проекта;
- 13 – масштаб изображения – выделенная область;
- 14 – кнопки отмены/возврата изменений;
- 15 – вырезать выделенные элементы в буфер обмена;
- 16 – скопировать выделенные элементы в буфер обмена;
- 17 – вставить элементы из буфера обмена;
- 18 – скопировать выделенный блок;
- 19 – перенести выделенный блок (доступно также из контекстного меню при выделении объекта – команда Drag Object);
- 20 – повернуть выделенный блок (некоторые варианты поворота доступны также из контекстного меню при выделении объекта);
- 21 – удалить выделенный блок (доступно также из контекстного меню при выделении объекта – команда Delete Object, или повторное нажатие правой клавиши мышки над выделенным объектом);
- 22 – выбор схмотехнического элемента, компонента, устройства. Аналог кнопке 42;
- 23 – вызывает диалог (мастер) объединения выделенной схемы в отдельный компонент и сохранения компонента в библиотеку.
- 24 – вызывает диалог установки корпуса компонента;
- 25 – разбивает выделенный компонент на примитивы;
- 26 – включает/выключает автороутер для проводников (wire autorouter). При включенном автороутере проводники прокладываются автоматически под прямыми углами. Для кратковременного отключения автороутера при прокладывании проводника (например, для диагонального соединения двух точек) нажмите клавишу CTRL;
- 27 – поиск компонентов, свойства которых удовлетворяют заданному критерию;
- 28 – вызов диалога присваивания значений свойствам компонентов;
- 29 – представление проекта в табличном виде для исследования списка элементов, соединений и навигации по ним.
- 30 – создание нового листа проекта. Перемещение между листами осуществляется клавишами PageUp и PageDown.
- 31 – удаление листа проекта;
- 32 – возврат к родительскому листу проекта;
- 33 – создание отчета-списка используемых материалов (Bill Of Materials);
- 34 – проверка правил электрических соединений;
- 35 – создание списка соединений и запуск ARES для дальнейшего проектирования печатной платы;
- 36 – панель вывода относительных координат;
- 37 – режим выбора объектов;
- 38 – режим размещения компонентов и проводников;
- 39 – установка соединений для х-образных пересечений проводов. По умолчанию соединяющимися считаются только т-образные пересечения проводов.
- 40 – установка метки на провод. Провода с одинаковыми метками считаются соединенными.
- 41 – ввод текстовых скриптов;
- 42 – выбор схмотехнического элемента, компонента, устройства. Аналог кнопке 22;

- 43 – менеджер подключаемых библиотек;
- 44 – ввод шин;
- 45 – размещение линий ввода-вывода составных схем (subcircuit);
- 46 – размещение внутрисхемных соединителей (terminals), в том числе и таких как земля, питание и др.
- 47 – размещение выводов компонента;
- 48 – размещение аналитических графиков (переходных процессов, частотного анализа, цифровых диаграмм и т.п.);
- 49 – установка «магнитофона» (tape recorder);
- 50 – размещение генераторов сигналов (постоянного тока, переменного, импульсного, из звукового файла и т.п.);
- 51 – установка пробника напряжения;
- 52 – установка пробника тока;
- 53 – установка интерактивных инструментов (осциллографа, генератора сигналов, логического анализатора, виртуального терминала и т.п.);
- 54 – размещение двумерных графических примитивов (линии, прямоугольника, окружности, дуги, многоугольника);
- 55 – размещение произвольного текста;
- 56 – размещение графического символа из библиотеки;
- 57 – установка различных маркеров при проектировании элементов;
- 58 – элементы вращения и отражения объекта, подлежащего размещению;
- 59 – информационная панель предупреждений и ошибок;
- 60 – панель кнопок запуска/отладки/остановки интерактивной симуляции.
- 61 – предварительный просмотр макета страницы или компонента;
- 62 – список используемых компонентов;
- 63 – рабочая область.

Пусть в системе Proteus требуется смоделировать гирлянду из восьми светодиодов.

Для управления светодиодами будем применять микроконтроллер PIC16F877. Это достаточно функциональный микроконтроллер среднего семейства фирмы Microchip. Все последующие устройства и примеры программ, а также лабораторные макеты будут использовать именно этот микроконтроллер.

Составим необходимый список элементов. Для этого щелкаем на кнопку 42. Получаем диалог поиска элемента (рисунок 2).

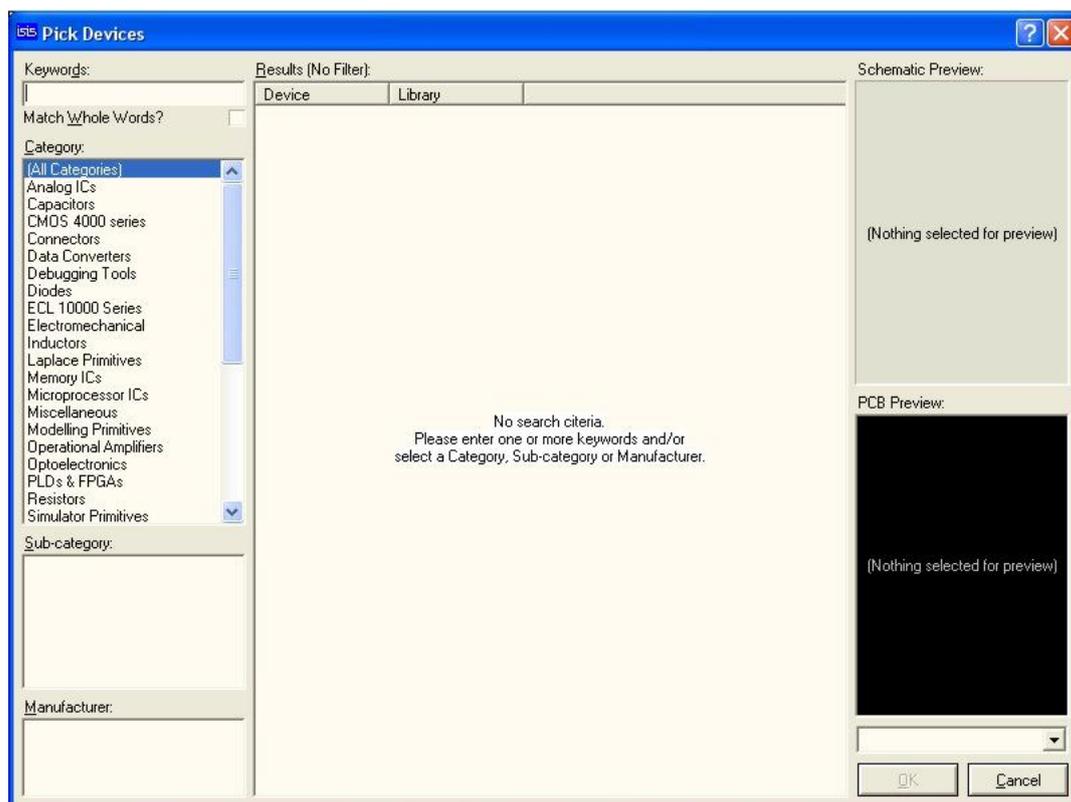


Рисунок 2 – Диалог поиска элемента

В этом диалоге поле «Keywords» необходимо для ввода ключа поиска, список Category позволяет выбрать определенную группу (категорию) компонентов, Manufacturer – производителя. В списке Results отображаются результаты поиска, в картинке Schematic Preview – условное графическое отображение компонента, а также информация о модели компонента или об ее отсутствии, PCB Preview – вид корпуса и контактных площадок.

В поле Keywords вводим ключевые слова для поиска компонента. Для микроконтроллера ключом будет текст «PIC16F877», для светодиода «led-red», для ограничительных резисторов «res». Двойным щелчком по необходимому элементу списка Results добавляем компоненты в список используемых элементов, который отображается в поле b2.

Закрываем диалог поиска элемента и, выбирая необходимые компоненты из сформированного списка используемых элементов, перемещаем их на рабочую область, примерно как показано на рисунке 3. При этом желательно включить режим автоматического назначения позиционных обозначений (пункт меню Tools\Real Time Annotation должен быть включен), иначе позиционные обозначения придется расставлять вручную. Символ схемной земли (GROUND) берется из списка Terminals (кнопка 46). Соединяем между собой элементы проводниками (режим проведения проводника включается по умолчанию – курсор в форме карандаша, а при наведении курсора мыши на вывод элемента карандаш окрашивается в зеленый цвет). При этом если имеются два вывода элементов, то между ними обязательно нужно проложить проводник, чтобы они считались соединенными. То есть нельзя соединить, допустим, светодиод и резистор простым перемещением одного из элементов и визуальным совмещением выводов этих элементов. Необходимо отдельно в рабочую область поместить светодиод, отдельно резистор и соединить их выводы проводом.

Затем можно заменить номиналы по умолчанию всех резисторов (10к) на значение 470, или даже еще меньше, иначе яркость свечения светодиодов будет неудовлетворительной. Для этого двойным щелчком по надписи «10к» рядом с резистором открываем диалог редактирования свойства и заменяем номинал резистора на 470 (Ом). Указание единиц без суффиксов устанавливает значение параметра, выраженное в единицах С, т.е. в вольтах, амперах, омах, фарадах. Если необходимо установить значение в кило- или мега- единицах, то после цифрового значения указывают суффикс «к» или «М». Если необходимо установить значение в мили-, или микро-, или нано-, или пико-единицах, то после цифрового значения указывают соответственно суффикс «m», «u», «n»,

«р». Обратите внимание на различие в значении строчного или заглавного написания суффикса в мили- и мега-единицах!

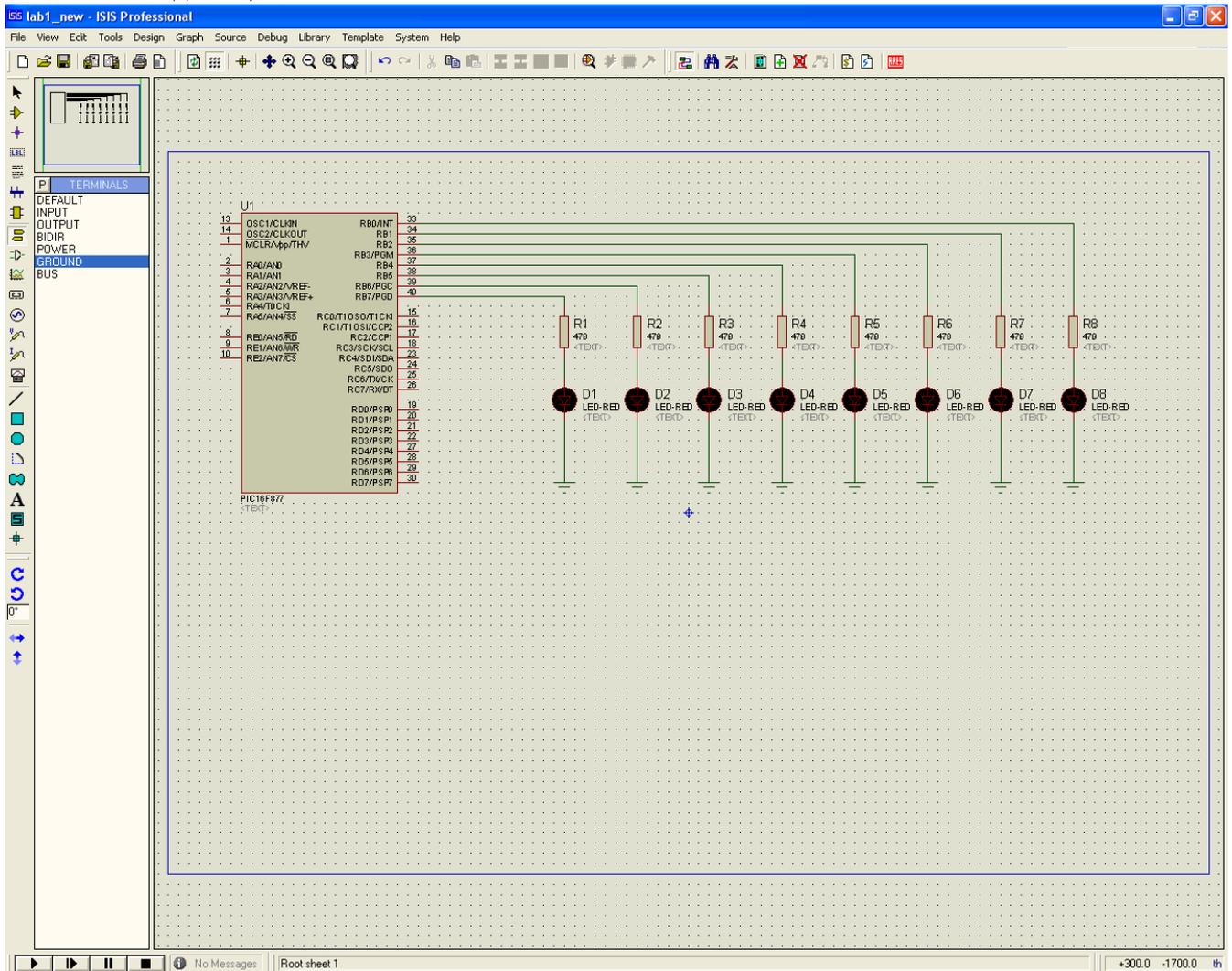


Рисунок 3 – Схема гирлянды в Proteus

Отредактировать все свойства элемента можно путем выбора из контекстного меню пункта Edit Properties. Или выделить элемент щелчком мыши и нажать Ctrl+E.

Далее необходимо задать программу микроконтроллеру. Обычно исходный текст программы для микроконтроллера пишется или на языке ассемблера, или на языке C. Затем необходимый компилятор транслирует программу в машинные коды и записывает результат в файл с расширением hex.

Создадим в текстовом файле Lab1.asm следующую программу на языке ассемблера:

```
;Программа лабораторной работы №1
;Операции ввода-вывода микроконтроллеров PIC16F877
;Назначение - включение/выключение светодиодов
;Схема включения - светодиоды на PORTB
;Автор программы =Кузьмин А.А.
```

```
list p=16f877
#include p16f877.inc
;-----
;Определение переменных
temp EQU    0x21    ;Регистр быстрой задержки
cnt1 EQU    0x22    ;Регистр1 длинной задержки
cnt2 EQU    0x23    ;Регистр2 длинной задержки
```

```

cnt3 EQU      0x24      ;Регистр3 длиной задержки

;-----
org 0x00
nop           ;Первая операция - nop для внутрисхемных отладчиков
goto start   ;"Стандартное" начало (для программ без прерываний)
org 0x8      ;можно и пропустить этот оператор)

start
;-----Инициализация-----
bsf STATUS,RP0      ;Регистр TRISB не в нулевой странице!
movlw 0x00          ;все выходы PORTB как выходы
movwf TRISB
bcf STATUS,RP0      ;Возвращаемся к нулевой странице

;-----Главный цикл-----

loop
movlw 0x55          ;01010101 в PORTB
movwf PORTB
call delay         ;задержка

movlw 0xaa          ;10101010 в PORTB
movwf PORTB
call delay         ;задержка

goto loop

;-----
;-----Подпрограммы-----
;-----
;Подпрограмма задержки
;Организуется программная задержка в один цикл loopydelay2
;Используемые регистры: temp

delay2
  movlw 0xff
  movwf temp
loopydelay2
  decfsz temp,f
  goto loopydelay2
  return

;-----
;Подпрограмма задержки. Версия 2

;Задержка для этой подпрограммы задается перед обращением
; к ней как загрузка числа в регистр cnt1.
;Общее число циклов определяется по формуле: 256*256*cnt1*7.
;Для примера, приблизительно 1 секунда
;при частоте 20 МГц задается загрузкой 11 в cnt1.

;Название: delay
;Входные данные: число, пропорциональное задержке в регистре
cnt1.

```

```

;Выходные: задержка.
;Используемые регистры: cnt1, cnt2, cnt3.

; cnt1 = Cycles/256/256/7 = (20000000/4)/256/256/7 = 10.899 = 11

delay          movlw .11
               movwf cnt1
               clrf cnt2
               clrf cnt3
dloop          decfsz cnt3,f
               goto $+2
               decfsz cnt2,f
               goto $+2
               decfsz cnt1,f
               goto dloop
               return

End

```

Несколько заметок к этому листингу. Строки, начиная от символа «;» и до конца строки являются комментариями. На работоспособность контроллера они не влияют, но очень рекомендуются для описания ключевых элементов программ, таких как название, назначение, авторство и т.д., как целой программы, так и отдельных подпрограмм или модулей программы.

Необходимо внимательно вводить пробелы в командах, например в директиве «list p=16f877» между символами t и p пробел обязателен. Также необходимо отличать буквы «o» от символа нуля, например в обозначении бита «RP0» в конце стоит именно символ нуля.

Сохраним проект (кнопка 2 Save Design). В пути проекта не рекомендуется использовать нелатинские символы и пробелы. Не рекомендуется сохранять проект на рабочий стол-это может повлиять на работоспособность симулятора проекта. Поместим файл Lab1.asm в тот же каталог, куда мы сохранили проект. Далее для формирования hex-файла кликнем на пункт меню Source\Add Remove Source files. Вызывается диалог редактирования свойств исходных программных файлов (рисунок 4).

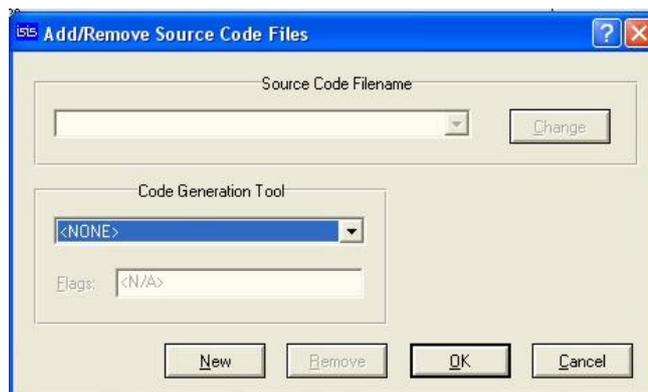


Рисунок 4 - Диалог редактирования свойств исходных программных файлов

В поле Code Generation Tool выбираем ассемблер фирмы Microchip – MPASMWIN, нажимаем кнопку New. В открывшемся диалоге выбора файлов выбираем файл Lab1.asm. Теперь при каждом запуске симуляции исходная программа на ассемблере будет компилироваться выбранным компилятором MPASM в файл Lab1.hex.

Полученный hex файл можно записывать непосредственно в микросхему микроконтроллера с помощью программатора или внутрисхемного отладчика. Для прошивки микроконтроллера нашего проекта необходимо в свойствах компонента PIC16F877 (диалог редактирования свойств, как отмечалось выше, вызывается выбором мышкой компонента и нажатием на Ctrl+E) в поле Program File задать Lab1.hex (рисунок 5). Тут же задаем частоту работы микроконтроллера Proces-

sor Clock Frequency в 20 МГц (именно на такую частоту рассчитана секундная задержка в подпрограмме delay). К микроконтроллеру можно присоединить частото задающую цепи, такие как кварц, RC-цепочку, генераторы и т.д., однако модель по соображениям эффективности работы будет ориентироваться только на частоту, веденную в этом диалоге.

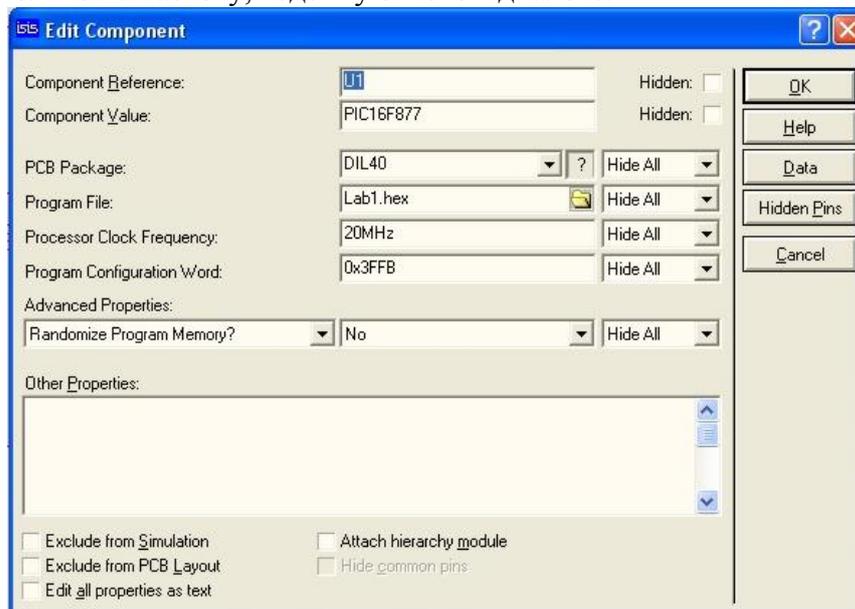


Рисунок 5 – Окно редактирования свойств микроконтроллера

Теперь можно запускать симуляцию кнопкой Play на панели 60. Если все сделано правильно, и нет никаких ошибок, то гирлянда с частотой примерно раз в секунду будет переключать группы зажженных светодиодов.

Изменим эти группы. Для этого в исходном файле с помощью любого текстового редактора заменим в строках

```

.....
movlw 0x55          ;01010101 в PORTB
.....
movlw 0xaa          ;10101010 в PORTB
.....

```

числа на другие значения (например, 0x0 и 0xff). В Proteus тоже есть редактор кода, однако пользоваться им очень неудобно, так как он неправильно отражает русскую кодировку.

Остановим симуляцию (кнопка Stop the simulation панели 60). Сохраним программу. Запускаем симуляцию. Теперь группы светодиодов, которые зажигаются в тот или иной момент времени, поменялись!

При симуляции логические уровни на проводниках отмечаются цветными маркерами в виде квадратов. Если маркер красного цвета, то в данной цепи уровень напряжения, соответствующий логической единице, если маркер синего цвета – то логическому нулю, если маркер серого цвета – то вывод находится в высокоимпедансном третьем (Z) состоянии, если маркер желтого цвета – то на данном проводнике наблюдается конфликт, т.е. одновременно выводится и уровень логической единицы, и уровень логического нуля.

Одним из важнейших режимов симуляции является отладка программ. Управление отладкой программ производится в группе меню Debug. Выберем пункт меню Debug\Start Restart Debugging или нажмем Ctrl+F12. Должно появиться окно исходного кода программы PIC CPU Source Code (рисунок 6). Если исходная программа на ассемблере задана, а окно не появляется автоматически, то необходимо щелкнуть по пункту меню Debug\ PIC CPU Source Code.

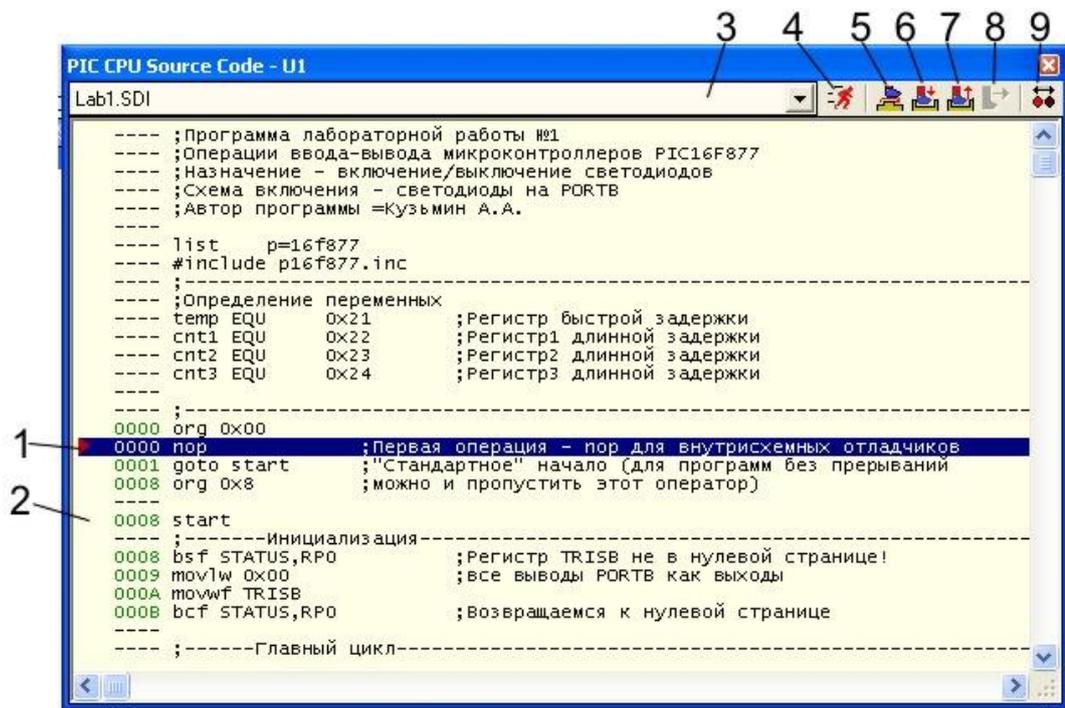


Рисунок 6 - Окно исходного кода программы PIC CPU Source Code

В окне исходного кода программы следующие элементы управления:

- 1 – текущая команда, которую выполняет микроконтроллер – отмечается красным треугольником, и выделенная команда – отмечается синей полосой;
- 2 – поле для установки точек прерывания (точек останова, breakpoints). Точки прерывания устанавливаются нажатием на кнопку 9 или двойным щелчком мыши на этом поле и отмечаются красными кружками;
- 3 – файл исходной программы со служебной информацией;
- 4 – кнопка запуска симуляции (до ближайшей точки останова);
- 5 – кнопка пошагового выполнения программы без захода в процедуры (процедуры вызываются командой call);
- 6 - кнопка пошагового выполнения программы с заходом в процедуры;
- 7 – кнопка выполнения программы до выхода из текущей процедуры;
- 8 – кнопка выполнения программы до выделенной синей полосой команды;
- 9 – установка/снятие точки прерывания.

Очень важная информация для отладки программ также содержится в окнах PIC CPU Registers – в этом окне содержится информация о наиболее важных регистрах микроконтроллера, PIC CPU Data Memory – в этом окне содержится информация о всех регистрах данных микроконтроллера, PIC CPU EPROM Memory - в этом окне содержится информация о состоянии EEPROM памяти микроконтроллера, PIC CPU Program Memory - в этом окне содержится информация о состоянии памяти программ микроконтроллера, PIC CPU Stack – информация о стеке. Все эти окна можно открыть из группы меню Debug.

Для удобства наблюдения за состоянием определенного регистра существует окно Watch Window. Добавим, например, в окно Watch Window ссылку на регистр1 длинной задержки из нашей программы, который определяется в программе как

```
cnt1 EQU    0x22 ;Регистр1 длинной задержки.
```

Для этого открываем окно из пункта меню Debug\ Watch Window. В контекстном меню этого окна выбираем пункт Add Items (By Adress). Получаем окно ввода регистра по адресу (рисунок 7).

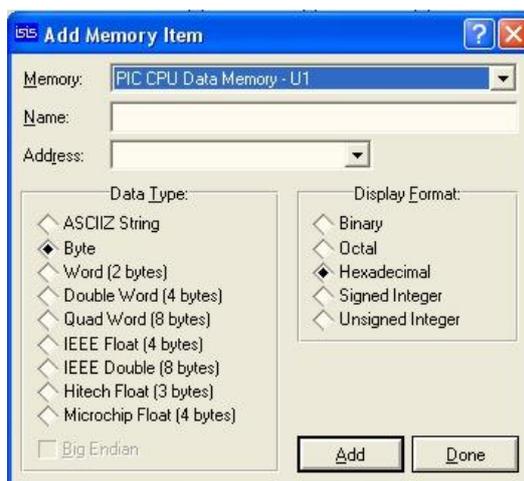


Рисунок 7 - Окно ввода регистра по адресу

В этом диалоге можем выбрать формат данных, формат представления, вид памяти, откуда будет выбираться значение, символическое имя переменной и адрес переменной. Оставим настройки вывода и вид памяти по умолчанию, в имени переменной введем `cnt1`, а в адресе `0x22`. Нажимаем кнопку `Add` и `Done`. В результате в окне `Watch Window` появится информация о состоянии этой переменной.

Важнейшим инструментом отладки является условная точка останова, т.е. остановка при выполнении определенного условия. Условную точку останова при, например, равенстве нашего регистра `cnt1` допустим двойке, можно поставить в окне `Watch Window` путем выбора пункта контекстного меню `Watchpoint Condition` (рисунок 8).



Рисунок 8 – Установка условной точки останова

Выбираем в этом диалоге следующие настройки: приостановить симуляцию, если условие истинно (`Suspend the simulation if ANY expression is true.`), проверяемый регистр (`Item`) – `cnt1`, условие останова (`Condition`) – равенство (`Equals`), значение останова (`Value`) – `2`.

Запускаем симуляцию. При равенстве содержимого регистра `cnt1` двум, программа остановится.

Продemonстрируем, как с помощью Proteus можно исследовать переходные процессы в схемах и цифровые диаграммы. Для демонстрации исследования цифровых процессов вполне хватит созданной нами гирлянды. Добавим на выводы микроконтроллера, которые соединены с резисторами, пробники (кнопка 51). Если пробники помещать ближе к резисторам, то их названия автоматически присваиваются следующим значениям: `R1(1)`, `R2(1)`... `R8(1)`. Если пробники помещать ближе к выводам микроконтроллера, то названия у них будут другие: `U1(RB0/INT)`, `U1(RB1)` и т.д., но смысл пробника останется тем же – он будет показывать напряжение на этом проводе во время симуляции. Кроме того, на цепь, помеченную пробником, легче ссылаться во время анализа переходных процессов. Поместим в рабочую область цифровую диаграмму путем выбора графика

DIGITAL из набора графиков для анализа (кнопка 48). Распахнем на весь экран график (пункт Maximize контекстного меню). Получим диалог расчета цифровых диаграмм DIGITAL ANALYSIS (рисунок 9).

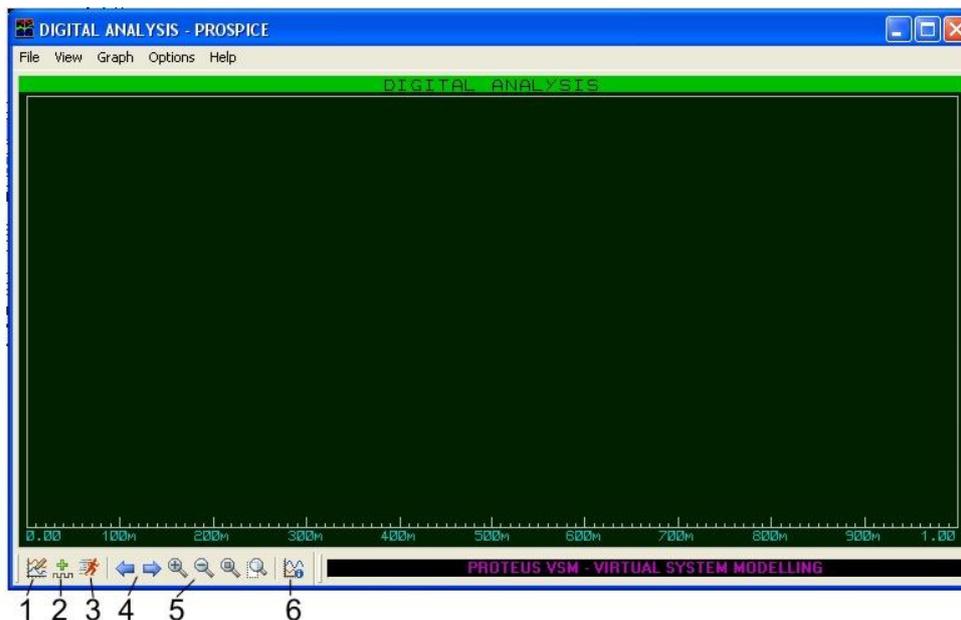


Рисунок 9 – Диалог расчета цифровых диаграмм DIGITAL ANALYSIS

Основные элементы управления этого диалога:

1 – Редактирование общих свойств графика, таких как заголовок, названия осей, начального и конечного времени, а также свойств программы-вычислителя диаграмм Spice. По умолчанию расчет ведется до одной секунды. Так как у нас задержка в переключении диодов рассчитана тоже примерно на одну секунду, то для наблюдения переходного процесса поставим значение Stop Time в 2 секунды.

2 – Добавляет пробники для расчета – в диалоге выбирается напряжение на каких пробниках будет добавляться в рассчитанные цифровые диаграммы. Выберем здесь созданные ранее нами пробники R1(1), R2(1)... R8(1) (или U1(RB0/INT), U1(RB1) и т.д.).

3 – Запуск симуляции. Рассчитываются цифровые диаграммы выбранных пробников. Результат нашей симуляции показан на рисунке 10.

4 – Кнопки навигации по графикам по оси времени.

5 – Кнопки выбора масштаба изображения.

6 – Просмотр системных сообщений, выдаваемых во время расчета графиков.

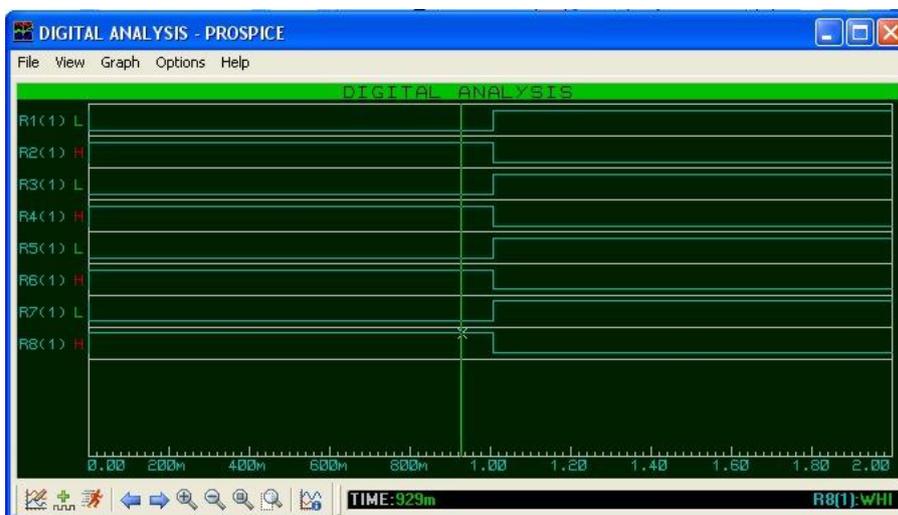


Рисунок 10 - Результат расчета цифровых диаграмм гирлянды

Аналогично происходит и расчет аналоговых переходных процессов (график ANALOGUE).

2. Цель работы

Целью работы является приобретение базовых навыков в моделировании и расчете электронных схем с использованием САПР.

3. Порядок выполнения работы

3.1 Собрать схему, согласно выданному варианту.

3.2 Задать соответствующую программу микроконтроллеру.

3.3 Промоделировать собранную схему с использованием отладчика, точек останова, условных точек останова.

3.4 Снять осциллограммы с контрольных точек.

4. Содержание отчета:

Титульный лист с названием и номером работы, а также с фамилиями исполнителей;

Цель работы;

Задание на лабораторную работу;

Снимок экрана (скриншот) системы Proteus ;

Осциллограммы сигналов в контрольных точках;

Выводы.

5 Контрольные вопросы

5.1 Основные элементы интерфейса оболочки ISIS.

5.2 Приемы поиска необходимых элементов в оболочке ISIS.

5.3 Какие электронные компоненты Proteus вы знаете?

5.4 Как поместить на разрабатываемую схему символ земли GROUND?

5.5 Как вводятся соединяющиеся и пересекающиеся проводники?

5.6 Как изменяются номиналы простейших аналоговых компонентов?

5.7 Какие применяются суффиксы для модификации цифровых значений параметров компонентов?

5.8 Почему при изменении номинала ограничивающего резистора изменяется яркость свечения светодиода?

5.9 Как меняются свойства компонентов в Proteus?

5.10 Как микроконтроллерам задаются программы, по которым они работают?

5.11 Как задается частота, на которой работает микроконтроллер?

5.12 Какие ошибки могут возникнуть при запуске симуляции схемы?

5.13 Что обозначают цветные квадраты рядом с проводниками во время симуляции?

5.14 Какими элементами интерфейса управляется процесс отладки программ?

5.15 Как при пошаговой отладке обрабатывается выполнение процедур?

5.16 Как установить и снять точку останова?

5.17 Какие дополнительные отладочные окна поддерживает система Proteus?

5.18 Что такое условная точка останова и как ее установить в Proteus?

5.19 Зачем нужны пробники напряжения в Proteus?

5.20 Как происходит расчет графиков переходных процессов (цифровых диаграмм) ?

5.21 Какое различие между цифровыми и аналоговыми графиками переходных процессов?