

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ОРГАНИЗАЦИИ  
ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ И РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ**

**ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ПРИ  
ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**Направления**

**«ЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ  
КОМПЛЕКС**

**по модулю**

**«ТЕХНОЛОГИЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»**

**ТАШКЕНТ -2017**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ОРГАНИЗАЦИИ  
ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ И РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ**

**ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ПРИ  
ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**Направления**

**«ЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС**

**по модулю**

**«ТЕХНОЛОГИЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»**

**Разработали:** А.Хайдаров – к.ф.-м.н.доцент кафедры  
«Приборостроение» ТГТУ

**Рецензент:** Б.Б. Гаибназаров – к.т.н.доцент кафедры  
«Приборостроение» ТГТУ

**ТАШКЕНТ -2017**

Данный учебно-методический комплекс разработан на основании учебного плана и программы утвержденного приказом Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан № 603 от 29 августа 2017 года

**Разработали:** А .Хайдаров – к.ф-м.н.доцент кафедры  
«Приборостроение » ТГТУ

**Рецензент:** Б.Б. Гаибназаров– к.т.н.доцент кафедры  
«Приборостроение » ТГТУ

Данный учебно-методический комплекс рекомендован к использованию Советом Ташкентского государственного технического университета (протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2017 года).

## СОДЕРЖАНИЕ

I. Рабочая программа.....	5
II. Интерактивные методы обучения, используемые в модуле.....	13
III. Теоретические материалы.....	21
IV. Материалы практических занятий.....	81
V. Банк кейсов.....	120
VI. Темы для самостоятельного обучения .....	123
VII. Глоссарий.....	124
VIII. Используемая литература .....	145

# **I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

## **Введения**

Рабочая программа включает в себя изучение теоретических и практических основ технологии приборостроения, принципов действия и новейших измерительных электронных приборов и установок, а также задач по проведению научно-исследовательской работы при разработке приборов нового поколения.

### **Цели и задачи учебного модуля**

**Целью** изучения модуля является сформировать у слушателя навыки технического мышления, направленного на анализ технологии производства и функционирования электронных приборов и устройств различного назначения, в целях рационального управления экономикой и производством.

#### **Задачи модуля:**

- “технология приборостроение” ознакомление с актуальными проблемами специализации направления и их решениями;
- в результате освоения дисциплины слушатели должны знать: особенности анализа и обобщения экономических, социальных и организационных показателей, характеризующих состояние производства и управления технологией приборостроения; современное состояние научного знания об управлении и ведении хозяйства; новые методы и приёмы управления, позволяющие достигать организации эффективных результатов.
- в результате освоения дисциплины слушатели должен уметь: организовать и провести исследование социально-экономической обстановки, конкретных форм управления; разрабатывать варианты эффективных управленческих решений и обосновывать их; применять нужные методы проектирования систем управления.

### **Требования, предъявляемые к знаниям, умениям и навыкам по модулю**

Слушатель, в пределах задач модуля “**Технология приборостроение**” должен:

#### ***иметь представление и охарактеризовать:***

- применять знания на практике;
- о новых знаниях, используя современные образовательные и информационные технологии;
- фундаментальной подготовкой по основам профессиональных знаний и готовностью к использованию их в профессиональной деятельности;
- навыками работы с компьютером;
- базовыми знаниями в областях информатики и современных информационных технологий, навыки использования программных средств и навыки работы в компьютерных сетях, умение создавать базы данных и использовать ресурсы Интернет;

- способностью к анализу и синтезу;
- умением понять поставленную задачу;
- умением формулировать результат;
- умением на основе анализа увидеть и корректно сформулировать результат;
  - умением самостоятельно увидеть следствия сформулированного результата;
- умением грамотно пользоваться языком предметной области;
- умением ориентироваться в постановках задач.

***знать и уметь:***

- место и роль технологии в развитии приборостроения и электроники на современном этапе;
- основные тенденции развития отрасли и технологии;
- тенденции и перспективы развития электронного приборостроения для различных отраслей производства, а также смежных областей науки и техники;

- передовой отечественный и зарубежный научный опыт в профессиональной сфере деятельности;

- самостоятельно использовать теоретические и практические знания для решения задач различных типов и различных уровней сложности, как в рамках изучаемой дисциплины, так и в других дисциплинах, использующих материалы данной дисциплины;

- анализировать полученные результаты.

владеть:

- символикой изучаемой дисциплины;
- терминологией изучаемой дисциплины;

- навыками практического использования математического аппарата дисциплины для решения различных задач, возникающих в дальнейшей учебной и профессиональной деятельности;

- навыками научного творчества.

***владеть навыками:***

- пользования и применения на практике компьютерных и коммуникационных технологий;

- создания показательных презентаций для лекционных и практических занятий с применением современных педагогических и информационных технологий их применения на практике;

- создания и использования электронной учебно-методической базы по данному модулю дисциплин.

***обладать следующими компетенциями:***

- пользования и применения на практике компьютерных и коммуникационных технологий;

- создания показательных презентаций для лекционных и практических занятий с применением современных педагогических и информационных технологий их применения на практике;
- создания и использования электронной учебно-методической базы по данному модулю дисциплин;
- практического использования математического аппарата дисциплины для решения различных задач, возникающих в дальнейшей учебной и профессиональной деятельности.

### **Рекомендации по проведению и организации учебного модуля**

При проведении обучения запланировано использование современных методов, педагогических и информационно-коммуникативных технологий:

- лекции запланировано проводить в форме презентаций с использованием современных компьютерных технологий;
- практические занятия запланировано проводить с помощью интерактивных методов (кейс-стади, деловые игры, интервью и др.).

### **Взаимосвязь учебного модуля с другими модулями**

Содержание модуля непосредственно связано с модулями “Аналоговые и цифровые устройства” и “Электроника и микроэлектроника”. Служит для решения вопросов внедрения в педагогическую деятельность проблематики и задач отрасли приборостроения, а также служит для объединения учебного процесса и производства путем внедрения новой техники и технологий данной отрасли.

### **Роль модуля в системе высшего образования**

Происходящие коренные изменения в системе образования, особенно научно-техническое развитие определяет роль модуля “Технология приборостроение” в системе высшего образования.

Организация эффективного и плодотворного образования путем создания новых инновационных технологий обучения модуля “Технология приборостроение” и их применения в системе образования помогает системно увеличить качество образования.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСОВ

№	Темы	Учебная нагрузка, час					
		Аудиторная учебная нагрузка					
		Общие	Итого	Из них:			Самостоятельная работа
теоретические	практические			внеаудиторное			
1	Принципы цифровых вычислений	8	8	2	4	2	
2	Интеллектуальные устройства	8	6	2	4		2
3	Измерение надежности и системы безопасности	8	8	4	4		
4	Сенсорные технологии	10	8	4	4		2
5	Сбор данных с LabVIEW	10	10	4	4	2	
<b>Общие</b>		<b>44</b>	<b>40</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

#### 1-тема: Принципы цифровых вычислений

Элементы компьютера. Функции манипулирования, центральный процессор, память, интерфейс ввод-вывод. Добавление компьютеров к системам измерения.

Практические соображения к добавлению компьютеров в системы измерения. Операционные усилители, потенциометры, высокий коэффициент усиления, большая пропускная способность. Ширина полосы пропускания. Качество усилителя. Коэффициент усиления. Уровень искажений. Смещение уровня. Источники шума.

#### 2-тема: Интеллектуальные устройства

Интеллектуальные инструменты. Интеллектуальный датчик, смарт-передатчик. Алгоритмы обработки сигналов. Встроенное программное обеспечение. Вторичные датчики. Локальная вычислительная мощность.

Микропроцессорные датчики. Долгосрочная стабильность, частота калибровки. Дистанционная калибровка. Самодиагностика неисправностей, измерения нелинейностей. Справочная таблица. Методика интерполяции.



Связь с интеллектуальными устройствами. Управление технологическим процессом. Распределенная система управления. Сложные алгоритмы управления. Отказоустойчивость, надёжность, степень избыточности, магистраль. Интерфейс вход-выход. Электронная магистраль, цифровой выход, стандарт от 4 до 20 мА, Магистральный адресуемый дистанционный преобразователь. HART-совместимые устройства. Временный сетевой протокол. Удовлетворение коммуникационных потребностей.

Параллельная шина данных. Параллельный режим. Управляющие линии, выделенные линии управления. Скорость передачи данных. Структура прерывания. Логические уровни. Трудности взаимодействия.

Локальные сети. Синхронная передача. Цифровой формат. Последовательность синхронизации. Приемник для синхронизации. Основные стандарты для синхронной передачи. Мониторинг и контроль систем, сетевые протоколы, звезда, автобус, кольцо. Цифровые промышленные шины. Двусторонняя связь в цифровом формате. Протокол полевой шины. Конструкция сетевого протокола. Формат сообщений, протоколы доступа. Международная электротехническая комиссия. Версии полевой шины. Базовая архитектура Foundation Fieldbus.

### **3-тема: Измерение надежности и системы безопасности**

Неисправность, возникновение неожиданного состояния в системе, изменение выходного сигнала измерения, принципы теории надежности.

Надежность измерительной системы, квази-абсолютные термины, абсолютная количественная оценки надежности. Среднее время наработки на отказ, статистический параметр. Статистические методы управления технологическими процессами.

Уменьшение вероятности отказа системы, время жизни, приемлемость надежности. Проблемы безопасности. Выход из строя измерительной системы, типов компонентов и инструментов.

Механизмы ошибок в программном обеспечении (ПО). Количественная надежность ПО. Исчерпывающее тестирование. Число не выявленных ошибок. Временный горизонт использования программного обеспечения.

### **4-тема: Сенсорные технологии**

Физические принципы, изменение ёмкости, две параллельные металлические пластины, диэлектрик, абсолютная диэлектрическая проницаемость, датчик перемещения, часть приборов для измерения давления, звука.

Сопrotивление материала, термисторы, измерение перемещений, измерение температуры.

Магнитные явления индуктивности, изменение взаимной индуктивности, форма перемещения, дифференциальные трансформаторы, скорости изменения потока.

Измерение величины магнитного поля, разность поперечного напряжения, тока возбуждения, константа Холла, полупроводниковый материал, магнитное поле заданного размера.

Реверсивный режим, ультразвуковой передатчик и приемник, часть устройства измерения ускорения, силы и давления, пьезоэлектрические материалы, переориентация электрических зарядов.

Изменение сопротивления при растяжении или напряжении, очень малые смещения, номинальные значения сопротивления, гибкая подложка листа, круглое поперечное сечение, калибровочный коэффициент, металлическая фольга.

Область  $p$ -типа, основание  $n$ -типа, металлическая проволока, фольга, полупроводниковый материал.

## **5-тема: Сбор данных в LabVIEW**

### **Компьютер на основе сбора данных**

Мультиметр, элементы палитры инструменты, логические операции в среде LabVIEW, циклы в среде LabVIEW, структура Case в среде LabVIEW, сбор данных с помощью LabVIEW.

## **СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ МОДУЛЯ**

На практических занятиях у слушателей закрепляются изученные теоретические основы измерительной техники, решаются практические задачи. Полученные знания и навыки подкрепляются по учебникам и учебным пособиям, лекционным материалам, научным статьям и тезисам пользоваться раздаточным материалом.

### **1-практическое занятие:**

#### **Тестирование аппаратных средств персональных компьютеров**

Основные технические характеристики аппаратных средств современного персонального компьютера.

Запуск программы «Everest» для определения технических характеристик персонального компьютера

Определяем техническую характеристику – тип

- и частоту центрального процессора;
- системной платы и форм-фактор;
- чипсета системной платы;
- и объём жёсткого диска;
- сетевого адаптера;

- видеоадаптера;
- звукового адаптера.

## **2-практическое занятие: Программируемый связной интерфейс (PCI)**

Записать физический адрес - "прог", адрес массива символов и их число, временную диаграмму номера двух выходов дешифратора.

Переписать программу с ассемблера для МП 80x86 на ассемблер для УМК.

Ввести изменения в некоторые численные значения программы в соответствии с заданием и заполните листинг.

Подключить плату расширения с УСАПП и включить лабораторный стенд.

Ввести из листинга в УМК коды программы.

Запустить программу, при необходимости исправить ошибки. На экране осциллографа показать заданную временную диаграмму передаваемого кадра.

## **3-практическое занятие: Структурные модели надежности сложных систем**

Анализ надежности сложной системы.

Разбивка сложной технической системы на элементы (компоненты).

Оценка работоспособности всей системы.

Рассмотрение параметров и характеристик элементов.

Проектирование системы со смешанным соединением элементов с целью обеспечения её работоспособности

Определить надежности системы по формуле при известном значении надежности её элементов.

## **4-практическое занятие: Изучение процесса ввода информации с датчиков**

Подключение оптических датчиков к одному входу микропроцессора.

Заземлить эмиттеры всех фототранзисторов оптопар,

Объединить коллекторы вместе и подключить через общую нагрузку к +5 В. Снять сигнал с общей коллекторной нагрузки и подать его на входы микропроцессора или АЦП.

Включать светодиод каждого оптического датчика в определенный промежуток времени.

Считывать сигнал с общего вывода для функционирования данной цепи (если используется АЦП, то выполняется преобразование сигнала подключенного светодиода).

## **5-практическое занятие: Создание виртуальных приборов в системе LabVIEW**

Имеются датчики, которые считают температуру и объем.

Создание VirtualInstrument для моделирования определения температуры и объема.

Создание иконки виртуального прибора

Вызов SubVI: изготовить VI, который использует Temp&Vol.vi как subVI.

Отладка VI с использованием зонда и его окна для исследования потока данных в блок-схеме.

### **Форма обучения**

Форма обучения отражает такие внешние стороны учебного процесса, как способ его существования: порядок и режим; способ организации обучения: лекция, семинар, самостоятельная работа и пр.; способ организации совместной деятельности обучающего и обучающихся: фронтальная, коллективная, групповая, индивидуальная.

При обучении важным является выбор формы организации учебной деятельности участников:

- Коллективная – коллективное, совместное выполнение общего учебного задания всеми студентами. Характер полученного результата: итог коллективного творчества.

- Групповая – совместное выполнение единого задания в малых группах. Характер полученного результата: итог группового сотрудничества на основе вклада каждого.

- Индивидуальная – индивидуальное выполнение учебного задания. Характер полученного результата: итог индивидуального творчества. Обычно предшествует групповой работе.

### **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ**

<b>№</b>	<b>Критерии оценки</b>	<b>балл</b>	<b>Максимальный балл</b>
1	Кейс	1,5 балла	2,5
2	Самостоятельная работа	1,0 балла	

## II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДУЛЕ

### Кейс-метод

*Ситуация* (фр. – *положение, обстановка*), совокупность обстоятельств (внутренних и внешних), содержащая условия, противоречия, в которых развивается какая-либо деятельность индивида, группы, организации, требующая конкретного разрешения, но не имеющая мгновенного однозначного решения для выхода из создавшегося положения). Также этот метод в литературе называется «*Кейс-стади*».

Метод анализа конкретных ситуаций насчитывает около 30 модификаций, одной из которых является *кейс-метод* (Case study). Это техника обучения, использующая описание реальных ситуаций (от англ. case — «случай»). Обучающихся просят проанализировать ситуацию, разобраться в сути проблем, предложить возможные варианты решения и выбрать лучший из них. Кейс-метод концентрирует в себе значительные достижения технологии «создание успеха». Для него характерна активизация обучающихся, стимулирование их успеха, подчеркивание достижений участников. Именно ощущение успеха выступает одной из главных движущих сил метода, способствует формированию устойчивой позитивной мотивации и наращиванию познавательной активности.

#### *Ситуации бывают:*

- *стандартная* (часто повторяющаяся ситуация при одних и тех же обстоятельствах, имеющая одни и те же источники. Она может иметь как положительный, так и отрицательный характер);
- *критическая* (нетипичная ситуация, разрушающая первоначальные расчеты и планы, требующая радикального вмешательства);
- *экстремальная* (уникальная ситуация, не имеющая в прошлом аналогов, приводящая к негативным изменениям, полевые);
- *ситуации-оценки* (описание конкретного события и принятых мер и формулируется задача оценить причины, механизмы, значение и следствие ситуации и принятых мер);
- *ситуации-иллюстрации* (на конкретном примере демонстрируются закономерности или механизмы социальных процессов, позитивная и негативная деятельность личностей и коллективов, эффективность использования методов и приемов работы, значение каких-либо факторов и условий),
- *кресельные, базовые и конкретные;*
- *ситуации-проблемы, ситуации-тренинги;*
- *классические, «живые» ситуации, разбор корреспонденции, действие по алгоритму.*

Источники ситуаций: художественная и публицистическая литература, статистические данные, научные статьи, реальные события местной жизни, Интернет.

***Требования конкретной ситуации (КС):***

- КС должна соответствовать содержанию теоретического курса и профессиональным потребностям обучающихся;

- желательно, чтобы ситуация отражала реальный, а не вымышленный профессиональный сюжет, в ней должно быть отражено «как есть», а не «как может быть»;

- следует вести разработку кейсов на местном материале и «встраивать» их в текущий учебный процесс;

- ситуация должна отличаться «драматизмом» и проблемностью, выразительно определять «сердцевину» проблемы и содержать необходимое и достаточное количество информации;

- нужно, чтобы ситуация показывала как положительные (путь к успеху фирмы, организации), так и отрицательные примеры (причины неудач и пр.);

- КС должна быть по силам обучающимся, но в то же время не очень простой;

- ситуация должна быть описана интересно, простым и доходчивым языком (целесообразно приводить высказывания, диалоги участников ситуации);

- текст ситуационного упражнения не должен содержать подсказок относительно решения поставленной проблемы;

- ситуация должна также сопровождаться четкими инструкциями по работе с нею.

Вместо подготовленных текстов можно использовать аудио- или видеозаписи, газетные статьи, официальные документы или их подборки, рассказы, содержащие описания производственных ситуаций. Участники могут предложить и рассмотреть примеры из собственной практики.

При этом необходимо очень четко сформулировать задание, чтобы обучающиеся не поддались желанию пассивно воспринимать информацию.

***Принципы построения конкретных ситуаций:*** проблемность, моделирование профессиональных ситуаций и их решений, коллективно-индивидуальная деятельность, диалогичность общения.

***Анализ конкретной ситуации*** – деятельное исследование реальной или искусственно сконструированной ситуации для выявления проблем и причин, вызвавших ее для оптимального и оперативного разрешения. Этот метод может использоваться как в процессе чтения лекций (возможны три уровня), так и как самостоятельное практическое занятие (классический вариант, свободный вариант, смешанный вариант).

***Цель метода анализа конкретной ситуации метода*** — научить слушателей анализировать информацию, выявлять ключевые проблемы,

выбирать альтернативные пути решения, оценивать их, находить оптимальный вариант и формулировать программы действий.

#### **Стадии создания кейса:**

- определение того раздела курса, которому посвящена ситуация;
- формулирование целей и задач;
- определение проблемной ситуации, формулировка проблемы;
- поиск необходимой информации;
- создание и описание ситуации.

#### **Этапы работы с кейсом:**

##### **1. Этап введения в изучаемую проблему**

Кейсы могут быть розданы каждому обучающемуся за день до занятий или на самом занятии. На ознакомление выделяется 5-7 мин. в зависимости от сложности кейса. Преподаватель начинает занятие с контроля знания обучающимися (слушателями) содержания кейса, например, спрашивает: «Сколько всего персонажей действует в данной ситуации?» или «Что является центральной проблемой данного кейса?». Далее участники задают руководителю вопросы с целью уточнения ситуации и получения дополнительной информации, которая фиксируется на доске для последующего обсуждения.

##### **2. Анализ ситуации.**

Каждый из участников или группа представляют свой вариант решения в виде устного доклада (регламент устанавливается).

##### **3. Этап презентации.**

Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его прорекламирровать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики представляется очень ценным интегральным качеством современного специалиста.

##### **4. Этап общей дискуссии.**

Как правило, во всех дискуссиях при обсуждении ситуационных упражнений формулируются четыре основных вопроса:

- Почему ситуация выглядит как дилемма?
- Кто принимал решения?
- Какие варианты решения он имел ввиду?
- Что ему надо было сделать?

##### **5. Этап подведения итогов.**

Преподаватель должен «раскрыть карты». Для кейсов, написанных на примере реальных конкретных ситуаций, это информация о том, как были решены проблемы, которые обсуждались слушателями, в реальной жизни. Для «кабинетных» кейсов важно обосновать версию преподавателя. Следует акцентировать внимание на том, что кейс может иметь и другие решения: «Жизнь богаче любой теории», а затем выделить лучшие решения и расставить акценты поощрительного характера (рейтинг успеваемости, призы, зарубежные стажировки).

В методе «кейс-стади» может быть использован мозговой штурм, когда группа зашла в тупик и затрудняется принять решение.

### **Пример применения: Проектирования цифровых фильтров**

#### ***Введение***

В данном практическом занятии обучения используется кейс-метод (Case study) - метод анализа ситуаций. Цель занятия заключается в том, что слушателям предлагают выполнить программную реализацию цифрового фильтра на сигнальном процессоре DSP56000, выбрав тип фильтра, рассчитав его характеристики, сверив результаты программной эмуляции работы фильтра с заданными значениями ТЗ – частота дискретизации, верхние и нижние частоты среза и задержки, допустимый уровень частотных колебаний АЧХ, динамический диапазон работы, допустимое отношение сигнал-шум.

Слушателям предлагают осмыслить реальную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только проблему проектирования цифрового фильтра, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений. Кейс представляет собой ролевую систему.

#### ***Организационный этап***

Работу над заданием и обсуждение ситуаций планируется организовывать в малых группах, на которые делятся слушатели при выполнении лабораторного практикума по курсу «Микропроцессоры и ЦОС». В группе определяются спикер, оппонент, эксперт.

*Спикер* занимает лидирующую позицию, организует обсуждение на уровне группы, формулирует общее мнение малой группы.

*Оппонент* внимательно слушает предлагаемые позиции во время дискуссии и формулирует вопросы по предлагаемой информации.

*Эксперт* формирует оценочное суждение по предлагаемой позиции своей малой группы и сравнивает с предлагаемыми позициями других групп.

Каждой из малых групп выделен АРМ, оборудованное персональным компьютером, с установленным на нём специализированным программным обеспечением.

Время, выделенное для работы над заданием: 2 часа самостоятельная работа при подготовке к занятию, 4 часа лабораторных занятий.

#### ***Подготовительный этап - работа над техническим заданием***

Каждая малая группа получает техническое задание на проектировании цифрового фильтра, согласно которому малой группе предстоит решить следующие задачи:

1. Выбрать тип фильтра (не рекурсивный фильтр, рекурсивный фильтр, многоскоростная система узкополосной фильтрации) согласно таблице вариантов задания



Варианты технического задания на полосовой фильтр

№ варианта	$f_{z31}$ кГц	$f_{z11}$ кГц	$f_{z12}$ кГц	$f_{z32}$ кГц	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_z$	$D$ дБ	$R_{ш}^D$ дБ	$f_D$ кГц
1	0.18	0.38	0.64	0.82	0.08	0.01	60	5	2
2	0.40	0.92	1.36	1.76	0.10	0.02	60	10	4
3	0.56	1.68	2.72	3.68	0.11	0.02	54	6	8
4	0.80	2.00	2.60	4.20	0.08	0.02	54	18	10
5	0.20	0.42	0.62	0.80	0.10	0.02	48	3	2
6	0.30	0.76	1.24	1.80	0.10	0.03	48	6	4
7	0.48	1.08	1.74	2.64	0.09	0.04	48	12	6
8	3.3	3.7	4.3	4.9	0.07	0.02	60	7	12
9	4.3	4.8	5.4	6.0	0.09	0.03	70	10	14
10	5.0	5.7	6.6	7.2	0.09	0.03	75	8	16
11	2.4	3.0	3.6	4.2	0.1	0.02	80	5	10
12	5.3	5.9	6.4	7.0	0.1	0.02	82	8	16
13	2.4	3.1	3.5	3.9	0.05	0.01	72	13	12
14	2.6	2.9	3.0	3.3	0.05	0.01	70	9	8
15	5.5	6.2	6.6	7.2	0.08	0.02	60	11	18

Обозначения в табл. 1.:

$f_{z31}, f_{z32}$  - граничные частоты полос задержания (кГц),

$f_{z11}, f_{z12}$  - граничные частоты полосы пропускания (кГц),

$\varepsilon_n, \varepsilon_z$  - неравномерность АЧХ в полосах пропускания и задерживания,

$D$  - динамический диапазон системы (дБ),

$R_{ш}^D$  - минимальное отношение сигнал/шум в дБ на выходе фильтра (на нижней границе динамического диапазона),

$f_D$  - частота дискретизации (кГц).

2. Рассчитать, записать в таблицу и сохранить в виде файла коэффициенты передаточной функции, построить график АЧХ, ФЧХ, карту нулей и полюсов.

## «Мозговой штурм», «Мозговая атака»

«Мозговая атака», «мозговой штурм» – это метод, при котором принимается любой ответ обучающегося на заданный вопрос. Важно не давать оценку высказываемым точкам зрения сразу, а принимать все и записывать мнение каждого на доске или листе бумаги. Участники должны знать, что от них не требуется обоснований или объяснений ответов.

«Мозговая атака» является эффективным методом при необходимости: обсуждения спорных вопросов, стимулирования неуверенных обучаемых для принятия участия в обсуждении, сбора большого количества идей в течение короткого периода времени, выяснения информированности или подготовленности аудитории. Можно применять эту форму работы для получения обратной связи.

«Мозговой штурм» – это простой способ генерирования идей для разрешения проблемы. Во время мозгового штурма участники свободно обмениваются идеями по мере их возникновения, таким образом, что каждый может развивать чужие идеи.

**Цель:** выявление информированности или подготовленности аудитории в течение короткого периода времени

**Задачи:**

- формирование общего представления об уровне владения знаниями у студентов, актуальными для занятия;
- развитие коммуникативных навыков (навыков общения).

**Методика проведения:**

1. Задать участникам определенную тему или вопрос для обсуждения.
2. Предложить высказать свои мысли по этому поводу.
3. Записывать все прозвучавшие высказывания (принимать их все без возражений). Допускаются уточнения высказываний, если они кажутся вам неясными (в любом случае записывайте идею так, как она прозвучала из уст участника).
4. Когда все идеи и суждения высказаны, нужно повторить, какое было дано задание, и перечислить все, что записано вами со слов участников.
5. Завершить работу, спросив участников, какие, по их мнению, выводы можно сделать из получившихся результатов и как это может быть связано с темой тренинга.

После завершения «мозговой атаки» (которая не должна занимать много времени, в среднем 4-5 минут), необходимо обсудить все варианты ответов, выбрать главные и второстепенные.

**Разработка к методу : Мозгового штурма:**

1. Каковы два основных типа памяти компьютера? Какой тип используется преимущественно в интеллектуальных инструментах и почему?
2. Каковы механизмы для программирования и выполнения программы в рамках интеллектуального инструмента?
3. Обсудить работу ввода-вывода интерфейса в процессоре интеллектуального инструмента, отметив, в частности, механизмы декодирования адреса и данных передачи управления.
4. Каковы практические соображения, связанные с осуществлением процессора компьютера в измерительной системе?

**ТАБЛИЦА З/Х/У – Знаем / Хотим узнать/Узнали.**

**ТАБЛИЦА З/Х/У –  
Знаем / Хотим  
узнать/Узнали.**

Позволяет  
провести  
исследовательскую  
работу по тексту,  
теме, разделу.

- Развивает системное мышление, навыки анализа, структурирования.

Знакомятся с правилами составления таблицы.  
Индивидуально/ в парах оформляют таблицу.

Отвечают на вопросы: «Что вы уже знаете по данной теме?» и «Что вы хотите узнать?» (Создается ориентировочная основа для дальнейшей работы). Заполняют 1-ю и 2-ю колонки таблицы.

Самостоятельно читают, слушают лекцию.

Заполняют 3-ю колонку таблицы  
самостоятельно/в парах.

**Таблица З/Х/У**

Знаем	Хотим узнать	Узнали

### Применения метода к теме

Знаем	Хотим узнать	Узнали
Интеллектуальные инструменты	Вход-выход Интерфейс	Вход-выход Интерфейс
Микропроцессорные датчики	Параллельная шина данных	Параллельная шина данных
Связь с интеллектуальными устройствами	Локальные сети Цифровые	Локальные сети Цифровые
Промышленные шины	Магистраль-элемент	Магистраль-элемент
Интеллектуальный датчик	Центральный процессор	Центральный процессор

### III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

#### 1- тема: Принципы цифровых вычислений

##### **ПЛАН:**

1. *Элементы компьютера*
2. *Практические соображения в добавление компьютеров к системам измерения*

**Ключевые слова:** интеллектуальный датчик, умный – передатчик, интерфейс ввод-вывод, магистраль-элемент, центральный процессор.

##### **1.1 Элементы компьютера**

Теперь мы находим ссылки на устройства с такими названиями, как интеллектуальные инструменты, интеллектуальные датчики, и смарт – передатчики каждый раз, когда мы открываем технический журнал или просматриваем каталог производителей электронных приборов. Это отражает тот факт, что интеллектуальные устройства теперь достигнуто широкое применение в приложениях измерений. Термин умный используется для обозначения любого измерительного устройства, которое использует вычислительные мощности для повышения его производительности измерений. Мы, вероятно, известно, что цифровые компьютеры использовались в сочетании с системами измерения в течение многих лет в сценарии типичной системе управления, где компьютер использует данные о параметрах процесса, поставляемые системой измерения для вычисления управляющего сигнала, который затем подается на привод в чтобы изменить некоторые аспекты управляемого процесса. В этом случае компьютер не был на самом деле часть измерительной системы, а просто работает с ним, принимая данные из системы<sup>1</sup>.

По мере того как стоимость компьютеров упала и увеличилась их мощность, это стало обычной практикой использовать компьютер, назначенный функции управления технологическим процессом для повышения качества измерений путем выполнения различных операций обработки сигналов в цифровой форме, которые проводились ранее с помощью электронных схем аналоговых. Тем не менее, в этих ранних приложениях цифровой обработки сигналов, компьютер оставался отчетливым отдельный компонент в измерительной системе. Мы сейчас перешли на одну ступень дальше к той точке, где компьютер, который выполняет обработку цифрового сигнала для повышения качества измерений встроен в устройство измерения. Такие устройства, которые включают цифровой обработки сигналов приведены под общим названием интеллектуальных устройств. Отдельные интеллектуальные устройства привлекают различные имена, такие как интеллектуальный инструмент, интеллектуальный датчик, интеллектуальный датчик, и смарт - передатчик.

---

<sup>1</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 265 p.

Там нет жестких различий между функцией любого из них, и этот термин используется для обозначения интеллектуального устройства в значительной степени из-за предпочтения, принятых различными производителями для того или иного имени. Подобное изменение существует во имя, используемое для описания вычислительной мощности в пределах разумного устройства, с такими терминами, как микрокомпьютер и микропроцессор является общим. Предметом данной главы является, следовательно, интеллектуальные устройства. Однако, чтобы начать с, мы смотрим в более общем плане на некоторых основных принципах цифрового вычисления, так как это позволит нам лучше понять, как интеллектуальные устройства и функции, какие потенциальные трудности существуют в их применении и эксплуатации.

Основная функция цифрового компьютера, является манипулирование данными. Эти три элемента, необходимые для выполнения этой задачи являются центральным процессором, памятью и ввод-вывод интерфейсом, как показано на рис.1. Эти элементы вместе известны как компьютерное оборудование, и каждый элемент существует физически, как один или более интегральных микросхем схема, установленная на печатной плате<sup>2</sup>. Там, где центральный процессор (ЦП) состоит из одного микропроцессора, обычно рассматривать систему как микрокомпьютер. Различия между условиями

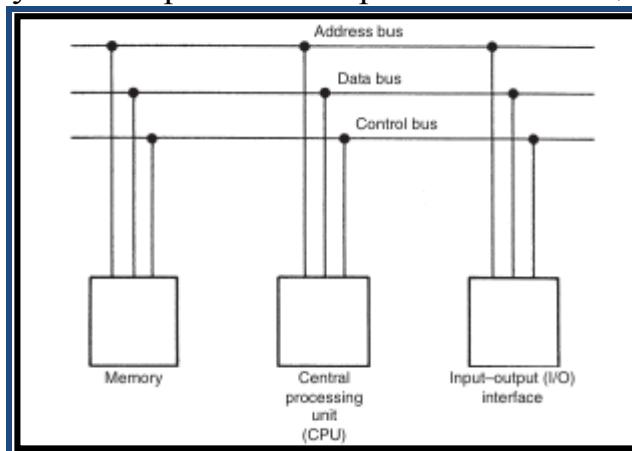


Рис. 1 Элементы микрокомпьютера

микрокомпьютер, миникомпьютер и Мэйнфрейм очень произвольное деление производится в соответствии с относительной вычислительной мощностью. Тем не менее, эта классификация стала несколько бессмысленным, с сегодняшнего дня микрокомпьютеры является более мощным, чем мэйнфреймов компьютеры всего несколько лет назад. Центральный блок обработки частью компьютера можно рассматривать как мозг системы. Относительно небольшой процессор обычно называют микропроцессором. Процессор определяет, какие вычислительные операции

<sup>2</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 266 p.



когда источник питания выключен считается. При включении питания время отключения, RAM теряет свое содержание, но ROM поддерживает их, и это значение ROM. Интеллектуальные устройства обычно используют ROM для хранения таблиц программ и данных и просто иметь небольшой объем оперативной памяти, используемой процессором для временного хранения переменных во время выполнения программы. Третий важнейший элемент компьютерной системы ввода-вывода (I/O) интерфейс, который позволяет компьютеру взаимодействовать с внешним миром путем чтения значений данных и вывода результатов после того, как соответствующее вычисление было выполнено.

В случае микроЭВМ, выполняющего функцию обработки сигнала в пределах разумного устройства, это означает, что чтение в значения, полученные из одного или нескольких датчиков и вывода обработанное значение для представления на выходе прибора. Все такие внешние периферийные устройства идентифицируются уникальным номером, как и для адресов памяти. Связь между этими тремя компьютерных элементов обеспечивается тремя электронными магистралях, известных как шину данных, шину адреса и шины управления. При выполнении каждой операции передачи данных, выполняемой ЦПУ, два элемента информации должны быть переданы по электронной шоссейно-элемента передаваемых данных и адрес, по которому он отправляется. В то время как оба из этих элементов информации может быть передана по одной шине, более обычно использовать две шины-шины данных и шины адреса.

Время проведения операций передачи данных имеет важное значение, особенно когда трансферы имеют место периферийные устройства, такие как дисковые накопители и клавиатуры, где процессор часто приходится ждать, пока периферийная не свободен, прежде чем он может инициализировать передачу данных. Эта информация синхронизации осуществляется с помощью третьего шоссе, известной как шины управления. Нынешняя тенденция стала возможной благодаря достижениям в очень больших масштабах технологии интеграции является объединить все три функции блока центрального процессора, памяти и ввода / вывода в пределах одного чипа (известный как компьютер на чипе или микрокомпьютер). Термин микропроцессор часто используется для описания такой интегрированный блок, но это строго неверно, так как устройство содержит больше, чем просто вычислительной мощности.

Как уже упоминалось, основная роль компьютера является манипулирование данными. Числа используются как в количественной оценке элементов данных, а также в виде кодов, которые определяют вычислительные операции, которые должны быть выполнены. Все номера, используемые для этих двух целей, должны быть сохранены в памяти компьютера, а также транспортируются вдоль шины связи. Программирование и выполнения программы. В большинстве режимов использования, в том числе использования в качестве части



интеллектуальных устройств, компьютеры вовлечены в управление данными. Это требует значения данных, предназначенных для ввода, обрабатываются и выводят данные в соответствии с последовательностью операций, определенных с помощью компьютерной программы. Тем не менее, на практике, программирование микропроцессора в интеллектуальных устройствах, как правило, не прерогатива пользователя прибора; на самом деле, редко какое - либо положение для пользователя, чтобы создавать или изменять рабочие программы, даже если он / она желает, чтобы сделать это.

На это есть несколько причин. Во-первых, обработка сигнала, необходимого в пределах разумного устройства, как правило, хорошо определены, и, следовательно, является более эффективным для производителя, чтобы произвести это вместо того, чтобы иметь каждого индивидуального пользователя, обеспечивать практически идентичных программ по отдельности. Во-вторых, лучше целостность программы и инструмент работы достигается, если стандартная программа производства изготовителем прибора используется. И, наконец, использование стандартной программы позволяет ему быть сожжен в ПЗУ, тем самым защищая его от любого выхода из строя прибора питания. Это также облегчает обслуживание и обновление программного обеспечения с помощью механизма производителя, обеспечивающего новый диск, который просто вставляется в гнездо для занимаемого ранее старого ПЗУ.

Тем не менее, несмотря на то, что обычно не задача, предпринимаемые пользователем, некоторые удорожание микропроцессоров программирования для интеллектуального устройства полезно фоновые знания. Для иллюстрации методов, участвующих в программировании, рассмотрим очень простую программу, которая считывает значение из датчика, добавляет значение запомненной к нему, чтобы компенсировать смещение при измерении датчика и выводит скорректированное показание к устройству отображения. Предположим, что адреса датчика и выходного устройства отображения являются 00C0 и 00C1, соответственно, и что требуемое значение масштабирования уже хранится в памяти адреса 0100. Приведенные ниже инструкции формируются из набора инструкций для Z80\* микропроцессора и сделать использование CPU регистров A и B.

```
IN A, C0  
IN B, 100  
ADD A, B  
OUTC1, A
```

Этот лист из четырех команд представляет собой компьютерную программу, необходимую для выполнения требуемой задачи. Процессор обычно выполняет инструкции по одному, начиная с верхней части списка и работать вниз (хотя прыжок и отраслевые инструкции изменить этот порядок). Первая инструкция (IN A, C0) считывает значение от датчика, находящейся по адресу C0 и помещает значение в регистре процессора A (часто называемый аккумулятор). Механика выполнения этой инструкции

состоит из процессора ввода требуемого адреса C0 на адресной шине, а затем положить команду на шине управления, который вызывает содержимое целевого адреса (C0), копируемых на шину данных и впоследствии переданы в регистр A. Следующая команда (IN B, 100) считывает значение из адреса 100 (запомненной значения смещения) и сохраняет его в регистре B. Ниже приведены инструкции (ADD A, B) складывает содержимое регистров A и B и сохраняет результат в регистр A. регистр а теперь содержит измерение чтения от датчика, но с поправкой на смещение. Последняя команда (OUT C1, A) передает содержимое регистра A на устройство вывода на адрес C1. Интерфейс ввода-вывода для подключения компьютера к внешнему миру и, следовательно, является неотъемлемой частью компьютерной системы. Когда процессор помещает адрес периферийное на адресную шину, интерфейс ввода-вывода декодирует адрес и идентифицирует уникальный компьютерной периферии, с которой операция передачи данных должна быть выполнена.

Кроме того, интерфейс должен интерпретировать команду на шине управления, так что время передачи данных является правильным. Еще одним очень важной функцией ввода-вывода интерфейса является обеспечение физической электронной магистраль для потока данных между шиной данных компьютера и внешнего периферийного устройства. Во многих компьютерных приложениях, включая их использование в интеллектуальных устройствах, внешняя периферия требует сигналы в аналоговой форме. Поэтому интерфейс ввода-вывода должен обеспечивать преобразование между этими аналоговых сигналов и цифровых сигналов, требуемых цифровой вычислительной машины. Это выполняется с помощью аналого-цифровых элементов и цифро-аналогового преобразования внутри ввода-вывода интерфейса.

В остальной части этого раздела представлены некоторые элементарные понятия взаимодействия в простых терминах. Адрес декодирования Типичная шина адреса в микрокомпьютер имеет ширину 16 бит, что позволяет {65536 отдельные адреса, которые будут доступны в диапазоне 0000FFFF (в шестнадцатеричном представлении). Специальные команды на некоторых компьютерах зарезервированы для доступа к нижнему пределу из этих 256 адресов в диапазоне 000000FF, и, если используются эти команды, только 8 бит требуется, чтобы указать нужный адрес.

Для объяснения адреса декодирования техники, схемы, показанной на рис.3, – нижние 8 бит 16-битного адреса линии декодируются для идентификации уникальный адрес, на который ссылается один из этих специальных команд. Декодирование всех 16 адресных линий следует той же процедуре, но требует значительно большего количества интегральных микросхем схемы. Адрес декодирование выполняется с помощью соответствующей комбинации логических вентилях. На рис.3 показана очень простая схема аппаратных средств для декодирования 8 адресных линий. Это состоит из 256 восьми входных логических элементов, каждый из которых

однозначно декодировать один из 256 адресов. Логический элемент представляет собой логический элемент, который дает только логический уровень 1 выход, когда все входы равны нулю и дает логический уровень 0 выход для любой другой комбинации входов. Исходные данные для вентилях соединены на нижние 8 линий шины адреса, а компьютерная периферия подключаются к выходу конкретных ворот, которые декодируют свои уникальные адреса. Есть два контакта для каждого входа к воротам, что NAND соответственно инвертировать и не инвертировать входной сигнал. При соединении 8 адресных линий соответственно по этим двум альтернативным штифтами на каждом входе, затвор выполнен декодировать уникальный адрес.

Рассмотрим, например, соединения сигналов, которая показана на рис.4. Этот логический элемент декодирует адрес C5 (шестнадцатеричное), который в двоичной системе 11000101. Из-за способа, в котором входные контакты на микросхемы соединены, логический элемент будет видеть все нули на входе, когда 11000101 находится на нижних 8 бит шины адреса и, следовательно, будет иметь выход 1. Любое другое двоичное число на адресной шине вызовет этот логический элемент, чтобы иметь нулевой выход.

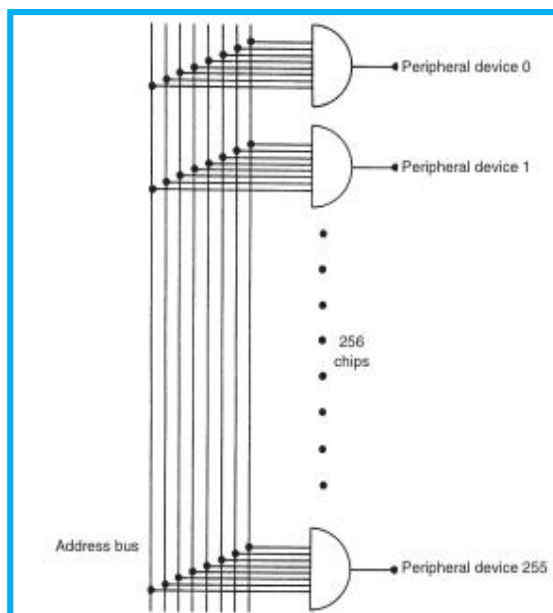


Рис. 3 Простая схема аппаратных средств для декодирования восемь адресных линий

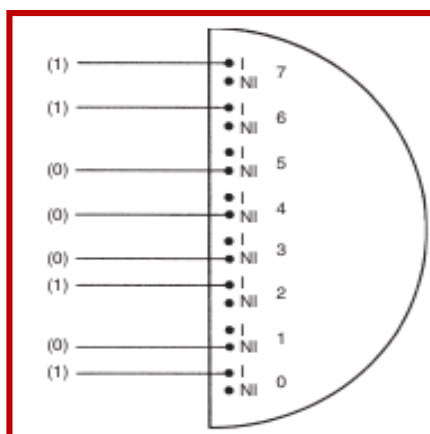


Рис.4 Штыревые подключения к вентилю для декодирования адреса С5

Передача данных управлением передачей данных между компьютером и периферийными устройствами управляется управления и состояния сигналов, передаваемых по шине управления, которые определяют точную последовательность и сроки выполнения операций ввода / вывода. Такое управление необходимо из-за различных скоростей работы компьютера и периферийных устройств, а из-за многозадачной работы многих компьютеров. Это означает, что в любой конкретный момент времени, когда операция передачи данных запрашивается, либо компьютер или периферийное могут быть не готовы принять участие в передаче. Типичный контроль и строки состояния, и их значения, когда установленные на логическом уровне 1, показаны здесь.

- ЗАНЯТО Периферийное устройство занято
- ГОТОВ Периферийное устройство готово к передаче данных
- ВКЛЮЧИТЬ процессор готов для передачи данных
- ERROR Неисправность на периферийном устройстве

Подобные сигналы управления устанавливаются с помощью компьютера и периферийных устройств, но различные конвенции часто используются для определения статуса каждого устройства. Отличаясь конвенции происходят особенно, когда компьютер и периферийные устройства приходят от разных производителей и может означать, например, что компьютер интерпретирует логический уровень 1, как определение устройства, чтобы быть занятым, но периферийное устройство использует логический уровень 0, чтобы определить "устройство занято" на соответствующей строке управления. Таким образом, перевод контрольных линий между компьютером и периферийными устройствами требуется, что достигается за счет другой серии логических элементов в интерфейсе ввода / вывода.

## 1.2 Практические соображения к добавлению компьютеров в системы измерения

Вышеизложенное представило некоторые из необходимых элементов в интерфейс ввода-вывода относительно упрощенным способом, который достаточен, чтобы дать понять, что участвует в интерфейсе. Много мелких

деталей было опущено, и объем работ, участвующих в практическом конструировании реального интерфейса не следует недооценивать. Одно существенное упущение до сих пор является предметом обсуждения, какие элементы требуются для добавления в аналого-цифровой интерфейс компьютера<sup>3</sup>. Исходные аналоговые входные и выходные сигналы, как правило, либо слишком велики или слишком малы для совместимости с уровнями рабочего напряжения цифрового компьютера и должны быть расширены вверх или вниз.

Обычно это достигается за счет операционных усилителей и/или потенциометров. Основные характеристики операционного усилителя являются его высокий коэффициент усиления (как правило, 1 миллион) и большая пропускная способность (обычно 1 МГц или выше). Тем не менее, когда он используется при очень высоких частотах, ширина полосы пропускания становится значительным. Качество усилителя часто измеряется с помощью критерия называется произведением коэффициента усиления на ширину полосы пропускания, которая является продуктом его коэффициента усиления и полосы пропускания.

Другие важные признаки операционного усилителя, в частности, при использовании в компьютерные устройства ввода-вывода интерфейса или в интеллектуальных устройствах, являются его уровень искажений, восстановление перегрузочная способность, и смещение уровня. Специальные усилители измерительные приборы, которые особенно хорошо в этих атрибутах были разработаны для измерительных приложений. Подходящий уход всегда необходимо соблюдать осторожность при введении компьютер в систему измерений, чтобы избежать создания источников измерения шума. Это относится, в частности, когда один компьютер используется для обработки вывода нескольких преобразователей и соединен с ним с помощью сигнальных проводов.

При таких обстоятельствах, соединения и соединительные провода могут создавать шум посредством электрохимических потенциалов, термоэлектрических потенциалов, напряжения смещения, вносимые синфазных сопротивлений и переменного тока шума на частотах питания, аудио, и радио. Признание всех этих возможных источников шума позволяет им быть устранены в большинстве случаев за счет использования передового опыта при проектировании и построении системы измерения.

### **Контрольные вопросы:**

1. Объясните основные компоненты в микропроцессоре, содержащихся внутри интеллектуального инструмента.
2. Каковы два основных типа памяти компьютера? Какой тип используется преимущественно в интеллектуальных инструментах и почему?

---

<sup>3</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 273 p.

3. Каковы механизмы для программирования и выполнения программы в рамках интеллектуального инструмента?

4. Обсудить работу ввода-вывода интерфейса в процессоре интеллектуального инструмента, отметив, в частности, механизмы декодирования адреса и данных передачи управления.

5. Каковы практические соображения, связанные с осуществлением процессора компьютера в измерительной системе?

#### **Используемая литература:**

1. Bignell, J., & White, N. (1996). Intelligent Sensor Systems. Institute of Physics Publishing.
2. Brook, N., & Herklot, T. (1996). Choosing and implementing a serial interface. Electronic Engineering.
3. Henry, M. (1995). Self-validation improves Coriolisflowmeter. Control Engineering, May, pp 81–86.
4. IEC 60488-1. (2004a). Higher performance protocol for the standard digital interface for programmable instrumentation. Part 1: General. International Electrotechnical Commission.
5. IEC 60488-2. (2004b). Standard digital interface for programmable instrumentation. Part 2: Codes, formats, protocols and common commands. International Electrotechnical Commission.
6. IEEE 1451-0. (2007). Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators (related parts of this standard referring to particular aspects of the interface are published separately as IEEE 1451-1, 1999, IEEE 1451-2, 1997, IEEE 1451-3, 2003, IEEE 1451-4, 2004, and IEEE 1451-5, 2007).
7. IEC 61158 (1999). Digital data communications for measurement and control - Fieldbus for use in industrial control systems. International Electrotechnical Commission.

## 2- тема: Интеллектуальные устройства

### **План:**

1. *Интеллектуальные инструменты*
2. *Микропроцессорные датчики*
3. *Связь с интеллектуальными устройствами*
4. *Вход-выход Интерфейс*
5. *Параллельная шина данных*
6. *Локальные сети*
7. *Цифровые промышленные шины*

**Ключевые слова:** интеллектуальное устройство, активные инструменты, интеллектуальные датчики, самокалибровка, самодиагностика.

Термин интеллектуальное устройство используется для описания пакетов, содержащих либо полную систему измерения или компонента, входящего в измерительной системе, которая включает в себя цифровой процессор. Обработка выходных измерительных датчиков для коррекции ошибок, присущих процессу измерения вызывает большие улучшения точности измерений. Такие интеллектуальные устройства известны под разными названиями, такими как интеллектуальный инструмент, интеллектуальный датчик, интеллектуальный датчик, и смарт - передатчик. Там нет никакого формального определения для любого из этих названий, и существует значительное совпадение между характеристиками конкретных устройств и названий, данных им. Название, используемое для любого конкретного устройства, во многом зависит от прихотей и стиля производителей устройств. Начнём обсуждение, в котором попытаемся изложить историческое развитие интеллектуальных устройств и обобщает общее понимание видов характеристик, которыми обладают различными формами интеллектуальных устройств<sup>4</sup>.

### **2.1 Интеллектуальные инструменты**

Первый интеллектуальный инструмент появился более 30 лет назад, хотя высокие цены, когда такие устройства впервые стали доступны в виду, что их использование в системах измерения изначально росли очень медленно. Однако, потом наблюдалось резкое снижение цен на все интеллектуальные устройства, и разница в стоимости между интеллектуальными и обычными устройствами теперь очень мала. Действительно, интеллектуальное устройство иногда в настоящее время дешевле, чем его эквивалент неинтеллектуальный из-за большего объема продаж интеллектуальной

---

<sup>4</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 274 p.

версии. Таким образом, интеллектуальные устройства в настоящее время обычно покупают во многих случаях вместо неинтеллектуальных версий.

Процессор в пределах интеллектуального инструмента позволяет использовать алгоритмы обработки сигналов и управления данными предварительно запрограммированные для измерений. Это программное обеспечение, заранее написанное, часто известно под именем встроенного программного обеспечения. Одной из основных функций, выполняемых первыми интеллектуальными инструментами, чтобы стать доступным была компенсация ущерба окружающей среде для измерений, которые вызывают систематические ошибки. Таким образом, помимо первичного датчика для измерения интересующей переменной, интеллектуальные инструменты, как правило, имеют один или несколько вторичных датчиков для контроля значения экологических нарушений. Эти дополнительные измерения позволяют выходным показаниям быть исправленными ввиду влияния окружающей среды при условии соблюдения следующих предварительных факторов:

(а) Физический механизм, с помощью которого датчик измерения влияет на изменения окружающих условий, должен быть полностью изучен и все физические величины, которые влияют на выход должны быть идентифицированы.

(б) Влияние каждой переменной окружающей среды на выходные характеристики первичного датчика должны быть определены количественно.

(с) Подходящие вторичные датчики для мониторинга всех соответствующих экологических переменных должны быть доступны и удовлетворительно работать в сложившихся условиях окружающей среды.

Условие (а) означает, что термическое расширение и сжатие всех элементов внутри датчика необходимо учитывать для того, чтобы оценить, как он будет реагировать на изменение температуры окружающей среды. Точно так же, реакции датчика, если таковые вообще имеются, должны быть рассмотрены при изменении давления, влажности, действия силы тяжести, или уровня питания (активные инструменты) окружающей среды.

Количественное определение влияния каждой переменной окружающей среды на характеристики датчика измерения необходимо так, как указано в условии (б). Аналитическая количественная оценка окружающей среды изменения состояния от чисто теоретического рассмотрения конструкции датчика, как правило, чрезвычайно сложны и поэтому обычно её избегают. Эффект количественно эмпирически измеряется в ходе лабораторных испытаний. В таких тестах, наблюдается выходные характеристики датчика, поскольку условия окружающей среды изменяются контролируемым образом.

Одним из первых применений интеллектуальных инструментов было измерение объемного расхода, где скорость потока выводится путем измерения перепада давления на измерительной диафрагме, помещенной в



несущей жидкостью в трубе. Скорость потока пропорциональна квадратному корню из разности давлений через измерительную диафрагму. Для получения заданной скорости потока, это соотношение зависит как от температуры и среднего давления в трубе, а также изменения в состоянии окружающей среды либо причина в ошибках измерения. Поэтому типичный интеллектуальный расходомер содержит три датчика: один измеряет первичный перепад давления через сопловую пластину и вторичные производят измерения абсолютного давления и температуры. Прибор запрограммирован для коррекции выходного сигнала датчика первичного дифференциального давления в соответствии с величинами, измеренными с помощью вторичных датчиков, используя соответствующие физические законы, которые количественно оценивают влияние температуры окружающей среды и изменения давления на основе фундаментальной взаимосвязи между потоком и дифференциальным давлением. Еще 30 лет назад, такие интеллектуальные водомерные приборы достигли типичных уровней неточности  $\pm 0,1\%$ , по сравнению с  $\pm 0,5\%$  для их неинтеллектуальных эквивалентов.

Хотя автоматическая компенсация ущерба окружающей среде является очень важным атрибутом интеллектуальных инструментов, много версий таких устройств выполняли дополнительные функции, что было даже в первые дни их появления. Например, расходомер преобразует квадратный корень отношения между потоком и выходным сигналом в линейную функцию, что делает вывод гораздо легче интерпретируемым. Другими примерами видов функций, выполняемых интеллектуальными инструментами являются:

- коррекция для загрузки эффекта измерения в измеряемую систему
- затухание сигнала с возможностью выбора постоянных времени
- переключаемые диапазоны (с использованием нескольких первичных датчиков внутри прибора, с переходом на другой диапазон)
- переключаемые выходные блоки (например, дисплей в имперских или единицах СИ)
- линеаризация выходного сигнала
- самодиагностика неисправностей
- дистанционное регулирование и контроль параметров прибора с расстояния до 1500 метров с помощью четырех направлений, 20 мА сигнальных линий.

За прошедшие годы с момента их первого введения, размер интеллектуальных инструментов постепенно уменьшается и выполняемые функции постоянно увеличиваются. Одним из примеров конкретного развития было включение микропроцессора внутри самого датчика в устройствах, которые обычно известны как интеллектуальные датчики. Как дальнейшее уменьшение размера и интеграции устройств имело место включение умных датчиков в пакеты с другими датчиками и со схемой обработки сигнала. В то время как такой пакет соответствует определению

интеллектуального инструмента данного ранее, большинство производителей в настоящее время склонны называть пакет смартпередатчик, скорее, чем интеллектуальный инструмент, хотя последний термин продолжали использоваться в некоторых случаях.

## 2.2 Микропроцессорные датчики

Название интеллектуальный датчик используется чаще всего для описания любого датчика, который имеет локальную вычислительную мощность, которая позволяет ему реагировать на местные условия без необходимости возвращаться к центральному контроллеру. Интеллектуальные датчики, как правило, по меньшей мере, в два раза точнее, чем не смарт-устройства, сократили расходы на техническое обслуживание, и требуют меньшего количества проводов к месту, где они используются. Кроме того, долгосрочная стабильность улучшается, снижая требуемую частоту калибровки<sup>5</sup>. Функции, которыми обладают интеллектуальные датчики могут изменяться в широких пределах, но включают в себя, по крайней мере, некоторые из следующих действий:

- Возможность дистанционной калибровки;
- Самодиагностика неисправностей;
- Автоматический расчет точности измерения и компенсации за случайные ошибки;
- Установка для измерения нелинейностей, чтобы произвести линейный выход;
- Компенсация эффекта нагрузки измерительного процесса на измеряемую систему;

### *Возможность калибровки*

Автоматическая калибровка в некоторых случаях очень проста. Датчики с электрической мощностью могут использовать известный уровень опорного напряжения для выполнения самокалибровки. Кроме того, клеточные типы датчиков нагрузки, которые используются в системах взвешивания, могут отрегулировать выходное показание до нуля, когда нет приложенной массы. В случае других датчиков, возможны два метода самокалибровки: использование справочной таблицы и методика интерполяции. К сожалению, справочная таблица требует память большой емкости для точек коррекции. Кроме того, большое количество данных должно быть собрано от датчика в процессе калибровки. Следовательно, методика калибровки с интерполяцией является предпочтительной. При этом используется метод интерполяции для вычисления поправки, необходимые для какого-либо конкретного измерения и требует только небольшой матрицу точек калибровки.

### *Самодиагностика неисправностей*

---

<sup>5</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 276 p.

Интеллектуальные датчики выполняют самодиагностику на наличие неисправностей посредством мониторинга внутренних сигналов. В то же время трудно разработать датчик, который может осуществлять самодиагностику всех возможных неисправностей, которые могут возникнуть, часто можно делать простые проверки, выявляющие многие из наиболее распространенных ошибок. Одним из примеров самодиагностики в датчике измерения емкости оболочки и сопротивления в изолированных термopарах для обнаружения пробоя изоляции. Как правило, конкретный код генерируется для обозначения каждого типа возможной неисправности (например, провал попытки изоляции в устройстве).

Одна из трудностей, которая часто возникает в самодиагностике при дифференциации между нормальными отклонениями измерений и неисправностями датчиков. Некоторые умные датчики преодолевают это путем сохранения нескольких измеренных значений вокруг заданной точки, а затем расчетом минимальных и ожидаемых максимальных значений для измеряемой величины.

Методы неопределенности могут быть применены для измерения влияния неисправности датчика на качество измерений. Это дает возможность при определенных обстоятельствах продолжать использовать датчик после того, как он допустил ошибку. Схема для генерации индекса действительности была предложена, что указывает на достоверность и качество измерений от датчика.

*Автоматический расчет точности измерения и компенсации за случайные ошибки*

Многие умные датчики могут рассчитать точность измерения онлайн путем вычисления среднего значения на протяжении ряда измерений и анализа всех факторов, влияющих на точность. Этот процесс усреднения также служит для значительного уменьшения величины случайных ошибок измерений.

*Установка для измерения нелинейностей*

В случае датчиков, которые имеют нелинейную зависимость между измеренным количеством и выходным сигналом датчика, цифровая обработка сигналов может преобразовывать выходной сигнал в линейную форму, при условии, что характер нелинейности известен так, что уравнение, описывающее его можно запрограммировать в такой датчик.

*Интеллектуальные смарт-передатчики*

Концепции смартпередатчика практически идентичны с другими интеллектуальными устройствами, описанными ранее. В то время как название смартпередатчик иногда используется одновременно с названием смардатчика, он, возможно, используется чаще всего для описания интеллектуального устройства, которое имеет большую функциональность, чем только зондирование переменной с помощью компьютера, что интеллектуальный датчик обычно и делает, в частности, в отношении

выходных функций и способности для компенсации ущерба окружающей среде.

В некоторых случаях, смартпередатчики известны в качестве альтернативы для интеллектуальных датчиков. Термин многомерный передатчик также иногда используется, в частности, для устройства, например, смартинструмент для измерения расхода. Это последнее устройство измеряет абсолютное давление, дифференциальное давление и температуру процесса и вычисляет как массовый расход и объем измеряемой жидкости.

Многие из интеллектуальных датчиков, доступных в настоящее время, все еще имеют аналоговый выход из-за продолжающейся популярности и инвестиций к системам передачи тока в 20 мА. В то время как большинство устройств теперь доступны и имеют цифровой выход, многие пользователи преобразовывают сигнал в аналоговую форму для поддержания совместимости с существующими системами приборов.

*Сравнение производительности с другими формами передатчиков*  
Возможности интеллектуальных датчиков можно лучше всего подчеркнуть, сравнивая их с атрибутами аналоговых передатчиков, а также с устройствами, известными как программируемые передатчики. Последние имеют вычислительную мощность, но не имеют двунаправленные коммуникационные возможности, а это означает, что они не являются по-настоящему умными. Соответствующими признаками этих устройств являются:

а. Аналоговые передатчики:

- требование одного передатчика для каждого типа датчика и каждого диапазона датчика.
- требование дополнительных передатчиков для коррекции изменений окружающей среды.
- требование частой калибровки.

б. Программируемые передатчики:

- включение микропроцессора, но отсутствие двунаправленной связи (следовательно, не являются по-настоящему умными).
- требование калибровки в полевых условиях.

с. Интеллектуальные датчики:

- включение микропроцессора и двунаправленная связь.
- включение вторичных датчиков, которые могут измерить, и таким образом компенсировать нанесение ущерба окружающей среде.
- включение, как правило, обработку сигнала и аналого-цифровое преобразование.
- включение множества датчиков, охватывающих различные диапазоны измерений, и автоматический выбор требуемого диапазона. Диапазон может быть легко изменен, если первоначально оценен неправильно.
- Иметь возможность самокалибровки, которая позволяет удаление дрейфа нуля и дрейфа чувствительности ошибок.

- Иметь способность самодиагностики, что позволяет сообщать о проблемах или требовать техническое обслуживание.
- возможность настройки нелинейностей для получения линейного выхода.

#### *Краткое описание преимуществ смартпередатчиков*

Главный недостаток, который можно было бы привести для использования смартпередатчика вместо не смарт является то, что он, как правило, немного больше и тяжелее, чем его не смарт эквивалент, но это не является проблемой в большинстве случаев. Существенным также обычно является цена покупки. Тем не менее, эти потенциальные недостатки незначительны в большинстве случаев и перевешивают имеющиеся, которые можно резюмировать следующим образом:

- Повышение точности и повторяемости.
- Автоматический расчет точности измерения и компенсации за случайные ошибки.
- Компенсация эффекта нагрузки измерительного процесса на измеряемую систему.
- Улучшение долгосрочной стабильности и снижение требуемой частоты перекалибровки.
- Регулировка для измерения нелинейностей для получения линейного выхода.
- Снижение затрат на техническое обслуживание.
- Самодиагностика неисправностей.
- Большой диапазон охвата, позволяющий функциональную совместимость и дающий повышенную гибкость.
- Удаленная настройка выходного диапазона по команде от портативной клавиатуры или ПК. Это экономит время и технику по сравнению с проведением корректировки вручную.
- Сокращение числа необходимых запасных инструментов, поскольку один запасной датчик может быть сконфигурирован так, чтобы покрыть любой диапазон и таким образом заменить любой неисправный передатчик.
- Возможность включения резервных датчиков, которые могут быть использованы для замены неисправных датчиков для повышения надежности устройства.
- Разрешение удаленной перекалибровки или перестраивания путем отправки цифрового сигнала к ним.
- Возможность хранения даты последней калибровки и указания, когда требуется следующая калибровка.
- Одноразовое проникновение в измеряемый процесс, вместо многократного проникновения, требующего дискретных устройств, что делает установку проще и дешевле.
- Возможность хранения данных таким образом, что производительность установки и инструмент могут быть проанализированы. Например, данные, относящиеся к воздействию окружающей среды, изменения могут быть

сохранены и использованы для корректировки измерений выходных данных в большом диапазоне.

#### *Автоматическая калибровка*

Совместное использование нескольких первичных датчиков и вторичных датчиков для измерения параметров окружающей среды означает, что процедура самокалибровки для интеллектуальных датчиков является более сложной, чем для более простых интеллектуальных датчиков. В то время как общий подход к само калибровке остается аналогичен для интеллектуальных датчиков, процедура калибровки должна повторяться для каждого первичного и вторичного датчика внутри передатчика. Рекомендуемая практика заключается в использовании самых простых процедур калибровки, доступных для каждого датчика в передатчике. Тем не менее, во внимание должно быть принято, что учитывается любое взаимодействие между измеренными переменными. Это часто означает, что просмотрные таблицы в смартпередатчике должны иметь особенно большой объем памяти, необходимый для того, чтобы принять перекрестную чувствительность к другим параметрам (например, температура) во внимание, так как матрица значений коррекции должна быть сохранена. Это означает, что калибровка интерполяции является еще более предпочтительной, чем просмотрная калибровка таблицы, как в случае калибровки смарт датчиков.

#### *Самодиагностика и обнаружение неисправностей*

Диагностика неисправностей в датчиках и смарт передатчиках часто бывает затруднена, потому что не так легко различать отклонения измерения из-за неисправности датчика и отклонения из-за неисправности установки. Лучший теоретический подход для устранения этой трудности — это применение методов математического моделирования для датчика и установки, в которой он работает, с целью выявления несоответствий в данных, поступающих от датчика. Тем не менее, существует очень мало промышленных применений такого подхода к обнаружению неисправностей на практике, потому что первое – это стоимость реализации и второе – это трудность получения моделей, которые являются устойчивыми к различного рода возмущениям. Таким образом, как правило, приходится прибегать к наличию нескольких датчиков с использованием схем, таких как две из трёх.

### **2.3 Связь с интеллектуальными устройствами**

Включение вычислительной мощности компьютера в интеллектуальные инструменты и интеллектуальные приводы создает возможность построения контрольно-измерительной системы, где несколько интеллектуальных устройств, совместно с другими пользователями, передают информацию друг другу, а также выполняют функции управления технологическим процессом<sup>6</sup>. Такое устройство известна как распределенная система управления. Дополнительные компьютерные процессоры также могут быть

---

<sup>6</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 280 p.

добавлены в систему в качестве необходимых для обеспечения нужной вычислительной мощности, когда требуется вычисление сложных алгоритмов управления. Такая система измерительных приборов является гораздо более отказоустойчивой и надежной, чем старые схемы управления, где данные из нескольких дискретных устройств отнесены к централизованному компьютерному контроллеру с помощью длинных измерительных кабелей.

Эта улучшенная надежность проистекает из того факта, что наличие компьютерных процессоров в каждом блоке вносит степень избыточности в систему. Таким образом, измерение и меры по контролю все еще могут продолжаться, хотя и в деградированной форме, если один блок выходит из строя. Для того, чтобы повлиять на необходимую связь, когда два или более интеллектуальные устройства должны быть соединены друг с другом в качестве узлов в распределенной системе, должна быть обеспечена некоторая форма электронного шоссе между ними, что позволяет обмениваться информацией. Помимо передачи данных, определенный объем информации управления, также должен быть передан. Основная цель этой управляющей информации, чтобы убедиться, что целевое устройство готово к приему информации до начала передачи данных.

Эта информация управления также предотвращает попытку отправить информацию от более одного устройства одновременно. В современных установках, все коммуникации и передачи данных между узлами обработки в распределенной измерительной аппаратуре и системы управления осуществляется в цифровом виде по той или иной форме электронного шоссе. Магистраль может быть параллельным интерфейсом, локальная вычислительная сеть (ЛВС), цифровой модуль, или комбинированный LAN/полевой шины. Параллельный протокол интерфейса используется обычно для подключения небольшого числа устройств, распределенных на небольшой географической области, как правило, одним номером.

В случае большого количества устройств, разбросанных на больших расстояниях, географически обычно одного здания или объекта, электронное шоссе используется в форме либо локальной сети или цифровой полевой шины. Инструментальные сети, которые географически больше одного здания или объекта, также могут быть построены, но они, как правило, требуют наличия систем передачи, которые включают телефонные линии, а также локальные сети в конкретных местах в пределах большой системы. Производители обычно предоставляют все аппаратное и программное обеспечение, необходимое для того, чтобы создать сеть измерительных приборов с использованием различных интеллектуальных устройств, в их ассортименте. Тем не менее, проблемы обычно возникают, если проектировщик сети приборов хочет использовать компоненты, получаемые из разных производителей, где могут возникнуть довольно серьезные проблемы с совместимостью. Чтобы преодолеть это и был разработан IEEE 1451. Это серия интеллектуальных стандартов интерфейса устройства,

которые позволяют подключать компоненты от разных производителей на одной и той же сети.

## 2.4 Интерфейс ввода-вывода

Интерфейс ввода/вывода требуется для подключения каждого интеллектуального устройства к электронной магистрали. Датчики с цифровым выходом создают небольшие проблемы сопряжения. Тем не менее, многие интеллектуальные устройства все еще имеют аналоговый выход, который использует стандарт от 4 до 20 мА и протокол, требующий преобразовывать аналого-цифровой интерфейс в ввод-вывод. Для них протокол, известный как HART (магистральный адресуемый дистанционный преобразователь), является одним из наиболее широко используемых, чтобы обеспечить необходимое соединение таких устройств в цифровую сеть. HART – это шина на основе сетевого протокола, который стал стандартом де-факто для интеллектуальных устройств с аналоговым выходом датчика.

HART-совместимые устройства обеспечиваются всеми основными производителями приборов. HART был задуман как временный сетевой протокол для удовлетворения коммуникационных потребностей в переходный период между использованием аналоговой связи с неинтеллектуальных устройств и полностью цифровой связи с интеллектуальных устройств согласно цифровому протоколу полевой шины. Из-за этой необходимости поддержки старых и новых систем, HART поддерживает два режима использования – в гибридном и полностью цифровом<sup>7</sup>.

В гибридном режиме, статус/командные сигналы являются цифровыми, но передача данных происходит в аналоговой форме (как правило, в 4- до 20-мА формате). Одно серьезное ограничение этого режима заключается в том, что не представляется возможным передавать множество измерительных сигналов на одной шине, как и аналоговые сигналы будут развращать друг друга. Следовательно, когда HART используется в гибридном режиме, сеть должна быть расположена в звездообразной конфигурации с использованием отдельной линии для каждого полевого устройства, а не общую шину.

В полностью цифровом режиме, цифровой передача данных, а также состояния / командные сигналы. Это позволяет один кабель для передачи сигналов до 15 интеллектуальных устройств. На практике, полностью цифровой режим HART редко используется, так как скорость передачи данных очень ограничены по сравнению с протоколами полевых шин. Таким образом, основное применение протокола HART в том, чтобы обеспечить возможность связи с интеллектуальными устройствами, когда существующие передачи сигнала измерения аналогового должен быть сохранен, поскольку преобразование в полностью цифровой операция была бы слишком дорого.

---

<sup>7</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 281 p.



## 2.5 Параллельная шина данных

Есть целый ряд различных параллельных шин данных. Все они имеют общий признак передачи данных в параллельном режиме, то есть несколько битов передаются одновременно. Они также имеют отдельные данные и управляющие линии, что означает, что линии данных используются исключительно для передачи данных и все управляющие сигналы направляются на выделенные линии управления. Это позволяет оптимизировать скорость передачи данных. Тем не менее, помимо имеющих эту общую функциональность, существует малая совместимость между различными шинами параллельных данных, доступных при существенных различиях, существующих в количестве строк данных, используемых количествах контрольных линий, структуре прерывания, системе данных о времени, и логических уровнях, используемых для работы. Производители оборудования, как правило, придерживаются того же параллельного протокола интерфейса для всех их спектра устройств, но разные производители используют разные протоколы. Таким образом, в то время как обычно будет легко соединить вместе ряд интеллектуальных устройств, которые все приходят от того же производителя, трудности взаимодействия могут быть испытаны, если устройства от разных производителей соединены друг с другом. К счастью, ситуация в этой области не так плохо, как это звучит, потому что шина IEEE 488 теперь приобрели широкую известность в качестве предпочтительного параллельной шины данных для измерительных сетей и было принято большое количество производителей. Так как он был впервые представлен в 1975 году, опубликованный стандарт для этого автобуса было пересмотрено несколько раз, с последним из которых в 2004 году, когда IEEE опубликовал стандарт совместно с Международной электротехнической комиссией (МЭК) в качестве стандарта МЭК 60488 (МЭК, 2004а, б). IEEE 488 / IEC 60488 шина обеспечивает параллельный интерфейс, который облегчает подключение интеллектуальных приборов, исполнительных механизмов и контроллеров в пределах одной комнаты. Физически шина состоит из экранированной, 24-жильный кабель. Для стандартной IEEE 488 шины, максимальная длина шины допустимому составляет 20 м, с не более 15 инструментов не распределены по всей его длине. Тем не менее, это ограничение на длину и количество инструментов могут быть преодолены с помощью активной (т.е. со вспомогательного источника питания) шины расширителя. Максимальное расстояние между двумя конкретными единицами на шине не должна превышать 2 м. Максимальная разрешенная скорость передачи данных по шине составляет 1 Мбит / с в теории, хотя максимальная скорость передачи данных достигается на практике в течение всей длине 20-м автобусе, более вероятно, будет в диапазоне от 250500 Кбит/с.

## 2.6 Локальные сети

Локальные сети передачи данных в цифровом формате по последовательным линиям электропередачи. Синхронная передача обычно используется, так как это позволяет относительно высокие скорости передачи путем передачи блоков символов в то время. Типичный блок данных состоит из 80 символов: это предшествует последовательности синхронизации и следующей последовательности останова. Последовательность синхронизации вызывает приемник для синхронизации часов с этим передатчиком. Двумя основными стандартами для синхронной, последовательной передачи являются RS422 и RS485. Они в настоящее время официально опубликованы Ассоциацией Индустрии ANSI электросвязи / Electronic Industries Alliance (TIA / EIA) с кодами ANSI / TIA / EIA-422-B и ANSI / TIA / EIA-485. Полезное сравнение между производительностью и характеристиками каждого из них и более старого стандарта RS232 (асинхронный последовательный передачи) можно найти в Брук и Herklot (1996).

Локальные сети имеют особое значение в области мониторинга и контроля систем, имеющих несколько отдельных датчиков, приводов и блоков управления, рассредоточенных на большой площади. Действительно, для таких больших измерительных систем, локальная сеть является единственной жизнеспособной средой передачи с точки зрения производительности и стоимости. Параллельные шины данных, которые передают данные в аналоговой форме, страдают от ослабления сигнала и шума датчика на большие расстояния, а также высокая стоимость длинных многожильных кабелей, что они нуждаются в непомерно высока.

Тем не менее, разработка измерительных сетей не обходится без проблем. Тщательное проектирование сети требуется для предотвращения повреждения данных, когда два или более устройств в сети пытаются получить доступ к нему одновременно и, возможно, поместить информацию на шину данных одновременно. Эта задача решается путем создания подходящей сетевой протокол, который гарантирует, что сетевые устройства не имеют доступа к сети одновременно, тем самым предотвращая повреждение данных<sup>8</sup>.

В локальной сети, электронная магистраль может принимать форму либо медных проводов или волоконно-оптического кабеля. Медные провода являются наименее дорогим вариантом и позволяют достичь скорости передачи данных до 10 Мбит/с, используя либо простую пару скрученных проводов или коаксиальный кабель. Тем не менее, волоконно-оптические кабели, являются предпочтительными во многих сетях по ряду причин. Достоинства волоконно-оптических кабелей в качестве среды передачи данных были изложены в главе 10. Помимо высокой помехоустойчивости

---

<sup>8</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 283 p.

сигналов к шуму, волоконно-оптическая система передачи может передавать данные со скоростью до 240 Мбит / с. Уменьшение затухания сигнала при передаче также означает, что более длинные расстояния передачи возможны без повторителей быть необходимым. Например, допустимые расстояния между повторителями для волоконно-оптической сети указаны в 1 км для полудуплексного режима и до 3,5 км в полнодуплексном режиме. Кроме того, пропускная способность волоконно-оптической передачи выше, чем для электрической передачи. Некоторые затраты интеллектуальных устройств 283 экономия может быть достигнута с использованием пластиковых волоконно-оптических кабелей, но они обычно не могут быть использованы на расстояниях, превышающих 30 м, поскольку затухание сигнала слишком высок.

Есть много различных протоколов для локальных сетей, но они все основаны на одном из трех сетевых структур, известных как звездных сетей, автобусных сетей и кольцевых сетях, как показано на рисунке 11.5. Локальная сеть работает в пределах одного здания или объекта и может передавать данные на расстояние до 500 м без затухания сигнала является проблемой. Для передачи на большие расстояния, телефонные линии используются в сети. Интеллектуальные устройства сопрягаются к телефонной линии, используемой для передачи данных через модем. Модем преобразует сигнал в частотно-модулированной аналоговой форме. В таком виде он может быть передан через либо телефонную сеть общего пользования или через частные линии, арендованные у телефонных компаний. Последние, будучи выделенные линии, позволяют более высокие скорости передачи данных.

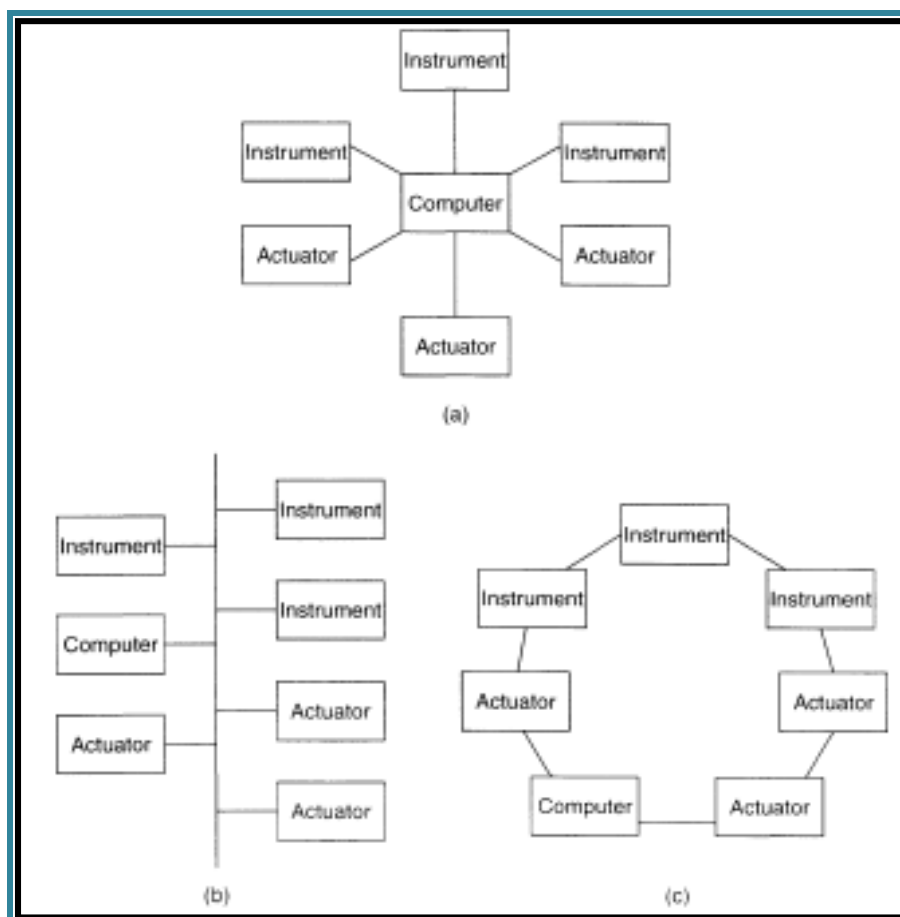


Рис. 5 Сетевые протоколы: (а) звезда, (б) автобус, и (с) кольцо

В звездной сети, каждый инструмент и привод подключается непосредственно к управляющему компьютеру с помощью своего собственного сигнального кабеля. Одним из очевидных преимуществ звездообразной сети является то, что данные могут быть переданы при необходимости с помощью простого последовательного протокола связи, такой как RS232. Это является промышленным стандартом протокола и поэтому совместимость проблем не возникает, но она представляет собой очень старую технологию, в которой передача данных происходит очень медленно. Из-за этой проблемы скорости, параллельную связь, как правило, предпочтительным даже для звездных сетей.

В то время как звезда сети проста в структуре, центральный наблюдательный компьютерный узел является критической точкой в системе и выход из строя это означает полный провал всей системы. Если какое-либо устройство в сети должно взаимодействовать с другим устройством, запрос должен быть сделан на центральный наблюдательный компьютер и все данные, передаваемые перенаправляются через этот центральный узел. Если центральный узел по любой недоступными причине, то передача данных в сети прекращается.

#### ***Кольцевые и автобусные сети***

В отличие от звездных сетей, как кольца и шины сети имеют высокую степень устойчивости в условиях одного узла сломаться. Следовательно, они,

как правило, предпочитают звездообразных сетей. Если процессор в любом узле ломается, каналы передачи данных в сети по-прежнему сохраняется. Таким образом, сеть может продолжать работать, хотя и на деградированных уровне производительности, используя оставшиеся вычислительные мощности в других процессорах. Большинство компьютерных и интеллектуальный инструмент / привод производители обеспечивают стандартные модули преобразования, которые позволяют их оборудование для взаимодействия с одной из этих стандартных сетей.

В кольцевой сети, все интеллектуальные устройства подключены к шине, которая формируется в сплошное кольцо. Протокол кольцо посылает специальный пакет (или маркер) непрерывно круглые кольца для управления доступом к сети. Станция может посылать данные только, когда он получает маркер. Во время передачи данных, маркер прикрепляется к задней части сообщения, посланного так, что после того, как была получена информация безопасно, маркер может продолжить свое путешествие вокруг сети.

Сеть шина похожа на кольцевой сети, но автобус, что устройства соединены на не является непрерывным. Bus сети также устойчивыми к разрушению одного узла в сети. Протокол раздор обычно используется. Это позволяет любой станции иметь непосредственный доступ к сети, если другой станции не используют его одновременно, и в этом случае протокол управляет ситуацией и предотвращает потерю данных / с коррупцией. Ethernet является наиболее распространенной формой автобусной сети, которая теперь получила доминирующее положение на рынке LAN.

## 2.7 Цифровые межсетевой шины

Межсетевой является общим словом, которое описывает целый ряд высокоскоростных шин, сетевых протоколов, которые поддерживают двустороннюю связь в цифровом формате между количеством интеллектуальных устройств в локальной сети. Все формы передачи поддерживаются, в том числе витая пара, коаксиальный кабель, волоконно-оптические и радиолнии. Интеллектуальные устройства в автоматизированной системе содержат целый ряд элементов управления, приводов, устройств обработки информации, систем хранения данных, а также операторов дисплеев и измерительные приборы<sup>9</sup>. Следовательно, любой протокол полевой шины должен предусматривать потребности всех элементов системы, а также требования коммуникационных устройств измерения, которые нельзя рассматривать в отрыве от других элементов. Конструкция сетевого протокола также должна удовлетворять реализации на больших и малых заводах. Большой комплекс может содержать несколько процессоров в распределенной системе управления и иметь большое количество датчиков и исполнительных механизмов. Однако, небольшой

---

<sup>9</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 286 p.

комплекс может управляться одним персональным компьютером, который обеспечивает дисплей оператора на его мониторе, а также связь с датчиками и исполнительными механизмами комплекса.

После того, как технология полевой шины была впервые введена в 1988 году, не было быстрого перехода к разработке международного стандарта и, как следствие, разные производители разработали свои собственные версии. Это привело к более чем 50 различным протоколам полевых шин, более известными из них являются Foundation Fieldbus, Profibus, WorldFIP, ControlNet, P-сеть, и Interbus. Каждая версия поддерживает все устройства в ассортименте каждого производителя, но есть небольшая совместимость между различными протоколами. Они отличаются во многих основных аспектах, таких как формат сообщений, протоколы доступа и правил для прогнозирования производительности. В знак признания трудностей, присущих при попытке подключения устройств от разных производителей, которые используют различные несовместимые стандарты интерфейсов и сетевых протоколов, Международная электротехническая комиссия создала рабочую часть, которая была заряжена с определением стандартного протокола интерфейса. Тем не менее, отдельные производители продолжали развивать свои собственные версии полевой шины параллельно с инициативой ИЕС. Результатом этого является то, что, хотя ИЕС удалось в 1999 году опубликовать стандарт полевой шины (IEC 61158, 1999), это было восемь различных наборов протоколов, определяющий стандарт для каждого из восьми основных систем полевых шин, то в работе и участвует документ с более чем 4000 страниц. С того времени, наблюдается дальнейшее увеличение числа стандартов, охватываемых в качестве дополнительных частей IEC 61158, в частности, в отношении высокоскоростных промышленных сетей Ethernet на базе.

Несмотря на провал IEC 61158 установить стандарт единой полевой шины, консорциум крупных международных производителей приборов настроил Foundation Fieldbus в попытке перейти к одному стандарту во всем мире полевой шины. Это привело к Foundation Fieldbus, который по меньшей мере обеспечивает единый стандарт и взаимозаменяемость, то все устройства, изготовленные членами консорциума. Тем не менее, конкурирующие стандарты, в частности, Profibus, остаются.

Базовая архитектура Foundation Fieldbus имеет два уровня, верхний и нижний. Нижний уровень обеспечивает связь между полевыми устройствами и поле ввода-вывода устройств, в то время как верхний уровень позволяет устройствам ввода-вывода поля для связи с контроллерами. Эти два уровня имеют совершенно разные характеристики. Нижний уровень обычно требует несколько соединений, нужно только относительно низкую скорость передачи данных, а также должны поддерживать безопасную работу. Однако верхний уровень требует достаточно большого количества соединений и высокую скорость передачи данных, 286 Глава 11, но не должны удовлетворять внутренние требования к безопасности. Три стандартных

скорости шины в настоящее время определены для Foundation Fieldbus нижнего уровня 31,25 кбит / с, 1 Мбит / с и 2,5 Мбит / с. Максимальная длина кабеля Разрешены 1900 м при 31,25 кбит / с, 750 м при 1 Мбит / с и 500 м со скоростью 2,5 Мбит / с. Для верхнего слоя Foundation Fieldbus, протокол высокоскоростной Ethernet обеспечивает скорость передачи данных до 100 Мбит / с.

### **Дополнительная информация**

Основная цель этой главы в том, чтобы ввести предмет интеллектуальных устройств. Однако, поскольку вычислительная мощность является компонентом, который отделяет интеллектуальные устройства от своих неинтеллектуальные коллег, мы начали главу прочь путем пересмотра основных принципов цифрового вычисления. Это привело нас к изучению основных элементов компьютера, как компьютеры работают особенно в отношении выполнения программы, и как компьютеры интерфейс для внешних компонентов. Мы закончили это введение в цифровые вычисления с обзором практических вопросов, которые необходимо учитывать при включении компьютеров в измерительные устройства. Переходя к теме интеллектуальных устройств, мы обнаружили, что несколько различных термины используются для описания их. Важное место среди этих терминов имена, такие как интеллектуальный инструмент, интеллектуальный датчик, интеллектуальный датчик, и смарт-передатчик. Мы узнали, что нет общепромышленные определения того, что означают любое из этих названий, за исключением того, что все отличаются путем включения той или иной форме вычислительной мощности. Как следствие, такой же устройства, даже с очень похожими атрибутами, могут быть известны два или более имен. Таким образом, имя, используемое для описания конкретного интеллектуального устройства, подчиняется прихотям и стилю его изготовителя. Объяснив эту произвольную природу в пути, что интеллектуальные устройства названы, мы пошли дальше, чтобы описать некоторые общепринятые взгляды на разного рода функций, выполняемых устройств, известных как интеллектуальных датчиков и функций, обычно выполняемых устройств, известных как смарт передатчиков. Вывод из этого сравнения функций в том, что устройства, называемые смарт передатчики, как правило, имеют большую функциональность, чем те называемых интеллектуальных датчиков. Наше исследование в особенности интеллектуальных устройств привели нас к выводу, что они имеют значительные преимущества по сравнению с неинтеллектуальными устройствами. Возможно, самое большое единовременное улучшена точность измерения. Это достигается за счет использования компьютерного процессора в пределах каждого устройства, которое выполняет такие действия, как компенсация случайных ошибок, корректировка для измерения нелинейностей, а также компенсации эффекта нагрузки процесса измерения

на измеряемую систему. Вычислительная мощность также позволяет устройствам выполнять такие функции, как дистанционное само калибровки и самодиагностики неисправностей. Интеллектуальные преобразователи обычно имеют дополнительные функции, такие как включение нескольких первичных датчиков, охватывающих различные диапазоны измерения и позволяющие автоматический выбор требуемого диапазона, включение вторичных датчиков, которые могут измерять и компенсировать ущерба окружающей среде, а также включение формирования сигнала и интеллектуальных устройств 287 аналого-цифровая функции преобразования. Иногда умные датчики также имеют избыточные датчики, которые могут быть использованы для замены неудачные датчики и так повысить надежность устройства. Затем мы перешли взглянуть на вопросы, связанные связь между интеллектуальными устройствами и другими элементами в системе управления измерением / процесса. Мы отметили, что все коммуникации и передачи данных между узлами обработки в распределенной измерительной аппаратуры и системы управления требуется использование той или иной форме электронного шоссе, которое может быть параллельным интерфейсом, локальная сеть, цифровой полевой шины, или комбинированный LAN / полевой шины, Затем мы пришли к выводу, главу с выражением среди подробно на различных особенностей в этих альтернативных форм электронных магистралей, но отметил, что существует мало смысла в изучении тонких деталей какой-либо конкретной форме шоссе, потому что были продолжающиеся события в формате дорог, в частности, в протоколах, используемых в локальных сетях и цифровых fieldbusses. Это означает, что включение любого детального изучения в книге будет устаревают очень быстро.

### **Контрольные вопросы:**

1. Как интеллектуальный инструмент коррекции для окружающей среды, вызванных ошибками в измерениях? Какие условия должны быть выполнены, чтобы обеспечить интеллектуальный инструмент для исправления таких ошибок? Как эти предпосылки удовлетворены?
2. Объясните, как добавление интеллекта к инструменту повышает точность объема измерения расхода скорости.
3. Какие дополнительные функции делает интеллектуальный инструмент, как правило, помимо выполнение проектно-изыскательских коррекция экологически индуцированных ошибок в измерениях?
4. Опишите типичную функцию устройств, известных как интеллектуальных датчиков.
5. Опишите механизмы взаимодействия между интеллектуальным датчиком и других компоненты в измерительной системе.



### **Используемая литература:**

1. Bignell, J., & White, N. (1996). Intelligent Sensor Systems. Institute of Physics Publishing.
2. Brook, N., & Herklot, T. (1996). Choosing and implementing a serial interface. Electronic Engineering.
3. Henry, M. (1995). Self-validation improves Coriolis flowmeter. Control Engineering, May, pp 81–86.
4. IEC 60488-1. (2004a). Higher performance protocol for the standard digital interface for programmable instrumentation. Part 1: General. International Electrotechnical Commission.
5. IEC 60488-2. (2004b). Standard digital interface for programmable instrumentation. Part 2: Codes, formats, protocols and common commands. International Electrotechnical Commission.
6. IEEE 1451-0. (2007). Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators (related parts of this standard referring to particular aspects of the interface are published separately as IEEE 1451-1, 1999, IEEE 1451-2, 1997, IEEE 1451-3, 2003, IEEE 1451-4, 2004, and IEEE 1451-5, 2007).
7. IEC 61158 (1999). Digital data communications for measurement and control - Fieldbus for use in industrial control systems. International Electrotechnical Commission.

### 3- тема: Измерение надежности и системы безопасности

#### **ПЛАН:**

1. Надежность
2. Принципы надежности
3. Совершенствование системы измерения надежности
4. Надежность программного обеспечения

**Ключевые слова:** модели отказов, защита инструмента, регулярная калибровка, Количественная надежности программного обеспечения

В предыдущих главах этой книги обсуждаются проектирование систем измерения и сказал много о том, как производительность систем измерения в отношении таких параметров, как точность может быть улучшена. Тем не менее, это ранее обсуждение в основном было об атрибутах измерительных систем, когда они являются новыми. Мы рассмотрели эффекты течением времени только в отношении отметить, что характеристики систем измерения деградируют со временем и должны быть восстановлены обратно к исходной точке в процессе повторной калибровки. То, что мы не рассматривали до сих пор, является возможность неисправностей, развивающихся в измерительных системах. В лучшем случае, эти недостатки снижают производительность системы, а в худшем случае, они вызывают систему, чтобы прекратить работать полностью. В приложениях, критичных к безопасности, система измерения ошибки также может оказать серьезное негативное влияние на более крупную систему, что измерительная система является частью<sup>10</sup>.

Поэтому целесообразно для нас, чтобы посвятить эту главу изучению проблем надежности системы измерения и их влияние на безопасность. Мы начинаем, глядя на то, как надежность формально определяется и будет говорить, что - то о своих теоретических принципах. Это будет приводить нас к рассмотрению способов, в которых надежность может быть определена количественно. Мы будем смотреть в частности, на два закона, которые количественно надежность компонентов системы, которые последовательно и параллельно друг с другом. Это позволит нам исследовать, как эти законы могут быть применены для повышения надежности измерительных систем. Мы также будем смотреть на общие меры предосторожности, которые могут быть приняты для уменьшения интенсивности отказов приборов, в том числе выбора инструментов, которые могут выдерживать рабочие условия, ожидаемые, защищая их должным образом от повреждений во время использования, калибровки их в заданные интервалы времени, чтобы обеспечить точность измерений остается в допустимых пределах, а также дублирования критических компонентов системы измерения.

---

<sup>10</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 291 p.

Поскольку программное обеспечение является важным фактором надежности измерительной системы, в частности, с текущей широкое использование интеллектуальных устройств, мы расширим наш трактат о надежности, чтобы рассмотреть вопрос о надежности программного обеспечения в пределах измерительной системы. Мы увидим, что факторы, влияющие на надежность в программном обеспечении в корне, отличаются от тех, влияющих на надежность аппаратных компонентов. Это потому, что программное обеспечение не меняется со временем. Таким образом, мы понимаем, что надежность программного обеспечения должна быть определена количественно в терминах вероятности отказа программного обеспечения из-за какой-то необнаруженной ошибки в программном обеспечении, которое существовало, поскольку она была написана. Этот вид отказа, как правило, происходит, когда некоторые конкретной комбинации входных данных применяется к программному обеспечению и, как следствие, не может произойти, пока программа не была в использовании в течение значительного периода времени. Установив удовлетворительный способ количественной оценки надежности программного обеспечения, мы переходим к рассмотрению того, что может быть сделано для повышения надежности.

Нашим рассмотрением будет система безопасности. Мы увидим, что системы измерений могут оказать влияние на безопасность системы в двух основных направлениях. Во-первых, отказ измерительной системы может привести к опасной ситуации возникают в процессе, так как неправильные данные поступают в систему управления технологическим процессом. Во-вторых, сам процесс может развиваться опасный сбой, что измерительная система не в состоянии обнаружить, таким образом предотвращая работу экстренного реагирования, такие как звучании сигнализации или открытия клапанов сброса давления. Для того, чтобы реагировать на потенциальные проблемы безопасности, связанные с неисправностью измерительных систем, мы рассмотрим основные способы доступных проектирования систем безопасности.

### 3.1 Надежность

Надежность измерительных систем может быть определена количественно, как среднее время между неисправностями, происходящими в системе. В этом контексте, неисправность означает возникновение неожиданного состояния в системе, что вызывает изменение выходного сигнала измерения, который либо неправильный или не существует вообще. Разработаны принципы теории надежности, имеющие отношение к системам измерения. Более подробное изложение теории надежности, в частности, его применение в производственных системах, можно найти в других источниках (Morris, 1997)<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 293 p.

### 3.2 Принципы надежности

Надежность измерительной системы определяется как способность системы выполнять требуемые функции в заданных рабочих условиях в течение установленного периода времени. К сожалению, такие факторы, как производственные допуски в приборе и изменяющиеся рабочие условия вместе делают невозможным предсказуемость функционирования операционной системы. Такие факторы подвержены случайным вариациям и случайностям, и поэтому надежность не может быть определена в абсолютном выражении. Самое близкое – это абсолютная количественная оценка надежности, которой являются квази- абсолютные термины, такие как среднее время наработки на отказ (MTBF), выражающей среднее время, когда измерительная система работает без сбоев. В противном случае, надежность должна быть выражена в качестве статистического параметра, который определяет вероятность того, что ошибки не будут развиваться в течение заданного интервала времени.

Количественная оценка надежности для системы измерения, непосредственная трудность, которая возникает в определении того, что считается как ошибка. Полная потеря выхода измерения является очевидной ошибкой, но ошибку, которая приводит к конечному, но неправильному измерению, более трудно идентифицировать. Обычный подход заключается в выявлении таких недостатков путем применения статистических методов управления технологическими процессами.

#### *Количественная надежность в квази- абсолютном выражении*

В то время как надежность существенно вероятностный характер, она может быть определена количественно в квази- абсолютном выражении по среднему наработка безотказной и среднее время до отказа параметров (MTTF). Следует подчеркнуть, что эти две величины, как правило, средние значения, рассчитанные по числу одинаковых инструментов, и, следовательно, фактические значения для какого - либо конкретного инструмента может существенно отличаться от среднего значения. Среднее время между отказами является параметром, который выражает среднее время между разломами, происходящих в приборе, вычисленной в течение определенного периода времени. Например, предположим, что история инструмента регистрируется в течение 360-дневного и временного интервала, в дни между сбоев, происходящих следующим образом :11 23 27 16 19 32 6 24 13 21 26 15 14 33 29 12 17 22

Средний интервал составляет 20 дней, что, следовательно, среднее время наработки на отказ. Альтернативный способ расчета MTBF просто подсчитать количество сбоев, происходящих в течение определенного периода. В только что приведенном примере, было зарегистрировано 18 ошибок, записанных в течение 360 дней, и поэтому наработка на отказ может быть рассчитана как  $MTBF=360/18=20$  день.

К сожалению, в случае инструментов, которые имеют высокую надежность, такой расчет в обслуживании надежности с точки зрения

количества сбоев, происходящих в течение определенного периода времени, становится чрезвычайно неточными из-за ошибки происходят слишком редко. В этом случае, MTBF прогнозы, предоставленные изготовителем прибора, могут быть использованы, так как производители имеют возможность следить за выполнением ряда одинаковых инструментов, установленных в разных компаниях. Если есть в общей сложности неисправностей F записанных на N одинаковых инструментов в момент времени T, то среднее время безотказной работы может быть вычислена как  $MTBF = TN/F$ . Одним из недостатков этого подхода состоит в том, что он не принимает условия использования, например, в операционной среде, во внимание.

Среднее время до отказа является альтернативным способом количественной оценки надежности, который обычно используется для таких устройств, как термодатчики, которые отбрасываются, когда они терпят неудачу. MTTF выражает среднее время до наступления неудачи, вычисленный в течение нескольких одинаковых устройств. Предположим, что партия 20 термодатчиков проведена через испытание ускоренного использования энергии в той же среде, и время до разрушения (в месяцах) каждого из устройств выглядит следующим образом: 7 9 13 6 10 11 8 9 14 8 8 12 9 15 11 9 10 12 8 11

Среднее из этих 20 чисел равно 10. Таким образом, смоделированный MTTF составляет 10 месяцев. Окончательный надежность ассоциированный член значение в системах измерения является среднее время восстановления работоспособности (MTTR). Это выражает среднее время, необходимое для ремонта инструмента. MTTR также можно интерпретировать как среднее время, чтобы заменить, как замена неисправного инструмента с помощью запасной, как правило, предпочтительнее в производстве систем для потери производства в то время как инструмент ремонта. В качестве примера, предположим, что время в часах, принятых для ремонта инструмента над историей 18 пробоев записывается со следующими раз: 413219217234132441

Среднее арифметическое этих значений 3 и, следовательно, MTTR составляет 3 часа. Параметры ССБ и MTTR часто выражаются в терминах объединенного количества, известного как на рисунке доступности. Это измеряет долю общего времени, что инструмент работает, то есть, доля от общего времени, что она находится в состоянии unfailed. Доступность определяется как отношение:

$$Availability = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

В измерительных системах, цель всегда должна быть максимально MTBF фигуру и минимизировать MTTR фигуру, тем самым максимизируя доступность. Что касается MTBF и MTTF цифры касаются, хороший дизайн и контроль высокого качества стандартов в процессе производства являются подходящим средством максимизации этих цифр. Процедуры

проектирования, которые означают, что ошибки легко исправить также являются важным фактором в снижении показателя MTTR.

### **Модели отказов**

Не проведения в приборе может увеличиться, остаются такими же, или уменьшится в течение всего срока службы. В случае электронных компонентов, частота отказов, как правило, изменяется со временем так, как показано на рисунке 1а. Эта форма характеристики часто известна как интенсивность отказов. В начале своей жизни, электронные компоненты могут иметь довольно высокий уровень заболеваемости разлома до времени  $T_1$  (рис 1.а). После этого начального периода работы, частота отказов уменьшается до низкого уровня, и остается на этом низком уровне до момента времени  $T_2$ , когда стареющие эффекты вызывают частота отказов, чтобы начать снова расти. Производители приборов часто "гореть в" электронных компонентов в течение промежутка времени, соответствующего времени  $T_1$ . Это означает, что компоненты достигли фазы высокой надежности их жизни, прежде чем они будут переданы клиентам. Механические компоненты, как правило, имеют различные характеристики отказов, как показано на рисунке 1б. Усталость материала является типичной причиной отказов увеличения в течение срока службы механического компонента. В начале своей жизни, когда все компоненты являются относительно новыми, многие

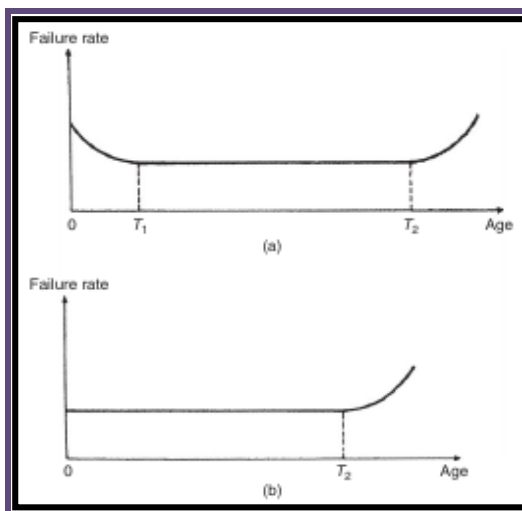


Рисунок 1. Типичные изменения надежности со временем:  
(а) электронные компоненты (ванна кривая) и (б) механические компоненты.

инструменты демонстрируют низкую частоту ошибок. Затем, на более позднем этапе, когда усталость и другие процессы старения начинают оказывать существенное влияние, скорость неисправностей увеличивается и продолжает увеличиваться в дальнейшем. Сложные системы, содержащие множество различных компонентов, часто демонстрируют постоянную картину неудачи на протяжении их жизни. Различные компоненты в таких системах имеют свои собственные неудачи шаблон, где интенсивность

отказов увеличивается или уменьшается со временем. Чем больше число таких компонентов в системе, тем больше склонность к паттернам сбоя в отдельных компонентах, подавляя и для скорости падения замыкания на себя постоянное значение.

### 3.3 Совершенствование системы измерения надежности

При проектировании системы измерения, цель является уменьшение вероятности отказа системы на более низком уровне, насколько это возможно. Существенным требованием в достижении этой цели является обеспечение, чтобы система заменяется в момент или до момента времени  $t_2$  в своей жизни, показанной на рис.1, когда статистическая частота отказов начинает возрастать. Таким образом, первоначальная цель должна состоять в том, чтобы установить время жизни  $T$  равным  $t_2$  и свести к минимуму вероятность  $F(T)$  неисправности системы в течение указанного срока. После того как все меры по сокращению  $F(T)$  были применены, приемлемость надежности  $R(T)$  должна быть оценена в соответствии с требованиями системы измерения. Неизбежно, стоимость входит в это, как усилия по увеличению  $R(T)$ , как правило, увеличивают стоимость покупки и обслуживания системы. Нижняя надежность является приемлемым в некоторых измерительных системах, где цена ошибки невелика, например, в производственных системах, где стоимость потерянного производства или потери в связи с внесением некондиционных продуктов не является серьезным<sup>12</sup>. Тем не менее, в других приложениях, например, когда выход из строя измерительной системы несет высокие затраты или вызывает проблемы безопасности, высокая надежность имеет важное значение. Некоторые специальные приложения, где доступ человека очень труден или невозможен, например, измерения в беспилотных космических аппаратах, спутников и атомных электростанций, особенно высок спрос на надежность, так как ремонт неисправных измерительных систем невозможен. Рассмотрим различные средства увеличения  $R(T)$ . Тем не менее, как только все усилия по увеличению  $R(T)$ , были исчерпаны, единственное решение, если надежность, заданное для рабочего периода  $T$  по-прежнему недостаточно высока, чтобы уменьшить период  $T$ , по которому надежность рассчитывается путем замены измерительной системы раньше времени  $t_2$ . Выбор инструмента типов компонентов и инструментов, используемых в измерительных системах имеет большое влияние на надежность системы. Особое значение при выборе инструментов о типе операционной среды, в которой они будут использоваться. Параллельно с этим, надлежащая защита должна быть предоставлена (например, ограждающие термоэлементы в оболочках), если предполагается, что окружающая среда может привести к преждевременному выходу из строя инструмента. Некоторые инструменты более подвержены, чем другие, и, следовательно, более вероятно, потерпит

---

<sup>12</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 300 p.

неудачу, в определенных условиях. Необходимые знания, чтобы сделать осознанный выбор о пригодности инструментов для конкретных условий, и правильной защиты, чтобы дать им, требуется многолетний опыт, хотя производители приборов могут дать полезные советы в большинстве случаев.

#### ***Защита инструмента***

Надлежащая защита приборов и датчиков от воздействия рабочей среды необходимо. Например, термопары и термометры сопротивления должны быть защищены оболочкой в неблагоприятных условиях эксплуатации.

#### ***Регулярная калибровка***

Наиболее частой причиной сбоев, происходящих в системе измерения, в результате чего погрешность измерения выходит за допустимые пределы, является дрейф в исполнении прибора от его характеристик, указанных. Такие ошибки обычно можно избежать путем обеспечения того, чтобы прибор откалиброван через рекомендуемые интервалы времени. Виды интеллектуального инструмента и датчика, которые выполняют само калибровку имеют явные преимущества в этом отношении.

### **3.4 Надежность программного обеспечения**

Компьютерные процессоры и программное обеспечение встречаются все чаще в большинстве систем измерения, поэтому вопрос о надежности таких компонентов становится очень важным. Компьютерная техника в целом ведет себя очень похоже на электронные компоненты, поэтому правила для расчета надежности могут быть применены и в данном случае. Тем не менее, факторы, влияющие на надежность в программном обеспечении, принципиально отличаются. Применение общего определения инженерной надежности к программному обеспечению не подходит, так как характеристики механизмов ошибок в программном обеспечении, так и в технических аппаратных средствах, принципиально отличаются. В правильно работающих аппаратных системах могут развиваться неисправности в любое время в будущем, и поэтому время наработки на отказ является разумной мерой надежности. Тем не менее, программное обеспечение не меняется со временем: если оно функционирует без ошибок, то это так и останется. Поэтому то, что нам нужно знать заранее до его использования, является то, будут ли найдены неисправности в программном обеспечении после того, как оно было введено в эксплуатацию. Таким образом, для программного обеспечения, и эта цифра надежность MTBF не имеет большого значения. Вместо этого мы должны каким-то образом выразить вероятность того, что ошибки в нем не произойдут<sup>13</sup>.

#### ***Количественная надежности программного обеспечения***

Фундаментальной проблемой при прогнозировании, что ошибки в программном обеспечении не будут происходить, является то, что даже при исчерпывающем тестировании нельзя с уверенностью сказать, что все

---

<sup>13</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 302 p.



ошибки были обнаружены и устранены. Ошибки могут быть определены количественно по трем параметрам,  $D$ ,  $U$  и  $T$ , где  $D$  является количество обнаруженных ошибок путем тестирования программного обеспечения,  $U$  является число не выявленных ошибок, а  $T$  – общее количество ошибок (как обнаруженных, так и незамеченных). Следовательно,

$$U = T - D$$

Хорошее тестирование программы может обнаруживать большинство ошибок и так делают подход  $T$  и  $D$ , так что  $U$  стремится к нулю. Однако, так как величину  $T$  никогда нельзя с уверенностью предсказать, то и очень трудно предсказать, что программное обеспечение свободно от ошибок, независимо от степени осмотрительности, применённой во время процедуры тестирования. Необходимым условием для методов количественной оценки тестирования программного обеспечения имеющихся является выбор подхода, который берется для количественной оценки надежности. Хотя никогда невозможно обнаружить все ошибки, которые могут существовать, цель должна быть всегда такой, что необходимо найти и исправить наибольшее количество ошибок, строго применяя процедуру тестирования. Тестирование программного обеспечения является особенно важным аспектом в более широкой области программной инженерии. Подробные процедуры являются предметом значительной сложности, заключающиеся в наблюдении за скоростью обнаружения ошибок во время тестирования, а затем в экстраполяции в оценку среднего времени наработки на отказ для программного обеспечения, как только оно было введено в эксплуатацию. Тестирование может быть продлено до тех пор, пока предсказанная наработка на отказ не будет больше прогнозируемого временного горизонта использования программного обеспечения. Такой подход является весьма неудовлетворительным, поскольку он допускает, что ошибки в программном обеспечении существуют и только предсказывает, что ошибки не будут возникать очень часто.

### **Контрольные вопросы:**

1. Как определяется надежность измерительной системы? В чем разница между количественной оценки надежности в квази- абсолютном выражении и количественной оценки его в вероятностные термины?
2. Объясните правила для расчета общей надежности компонентов системы, которые связным (а) последовательно друг с другом и (б) параллельно друг с другом.
3. Обсудите способы, в которых надежность измерительных систем может быть улучшена.
4. Как механизмы, влияющие на надежность программного обеспечения, отличаются от тех, затрагивая надежность механических и электрических компонентов системы?
5. Как надежность программного обеспечения количественно?

6. Обсудите некоторые способы, в которых надежность программных компонентов в рамках измерения системы могут быть улучшены.
7. Каковы основные обязанности работодателей и работников с точки зрения безопасности? Как делают эти влияния на разработку и эксплуатацию систем измерения?

#### **Используемая литература:**

1. Bransby, M. (1999). The human contribution to safety: Designing alarm systems. *Measurement and control*, 32, 209–213.
2. BS/ISO/IEC 90003. (2004). Software engineering: Guideline for application of ISO 9001 to computer software. British Standards Institute/International Standards Organisation/International Electrotechnical Commission.
3. Dean, S. (1999). IEC61508—Understanding functional safety assessment. *Measurement and control*, 32, 201–204.
4. Fenton, N. E., & Bieman, J. (2010). *Software metrics (Software Engineering)*. Chapman and Hall.
5. Fenton, N. E., & Pfleeger, S. L. (1998). *Software metrics: A rigorous approach*. PWS Publishing.
6. IEC 61508. (2005). Functional safety of electrical, electronic and programmable-electronic safety related systems. Geneva: International Electrotechnical Commission.
7. Johnson, R., Miller, I. R., & Freund, J. E. (2010). *Miller and Freund's probability and statistics for engineers*. Pearson Education.
8. Mills, H. D. (1972). *On the statistical validation of computer programs*. Maryland: IBM Federal Systems Division.

#### 4- тема: Сенсорные технологии

##### **План:**

1. Ёмкостные датчики
2. Резистивные датчики
3. Магнитные датчики
4. Датчики Эффект Холла
5. Пьезо преобразователи
6. Тензо резисторы
7. Пьезо резистивные датчики

**Ключевые слова:** микросенсоры, ёмкостные датчики, резистивные датчики, магнитные датчики, датчики Эффект Холла, пьезо преобразователи, тензо резисторы, пьезо резистивные датчики

Рассмотрим подробно в диапазоне датчики, доступные для измерения различных физических величин. Когда мы изучаем эти датчики, мы быстро приходим к пониманию, что широкий спектр различных физических принципов участвует в их работе. Кроме того, становится очевидным, что физические принципы, на которых они работают, часто являются важным фактором при выборе датчика для данного применения, в качестве датчика с использованием конкретного принципа может выполнять гораздо лучше, чем один, используя другой принцип в заданных условиях эксплуатации. Поэтому целесообразно изучить различные физические принципы, эксплуатируемые в измерительных датчиках.

Физические принципы, подлежащие анализу – это изменения ёмкости, изменение сопротивления, магнитные явления (индуктивности, неохотой и вихревых токов), эффект Холла, свойства пьезоэлектрических материалов, изменение сопротивления в растянутых/натянутых проводах (тензо датчики), свойства пьезо резистивных материалов, светопропускание (оба вдоль пути воздушного и вдоль волоконно-оптического кабеля), свойства ультразвука, передача излучения и свойства микромеханического структур (микро сенсоров)<sup>14</sup>.

Следует отметить, что выбранный порядок представления этих принципов произволен и никакой популярности относительно этих различных принципов не подразумевает. Следует также отметить, что перечень технологий является не полным списком всех технологий, которые используются в датчиках, а скорее перечень технологий, общих для нескольких различных датчиков, которые измеряют различные физические величины. Многие другие технологии используются при измерении единичных физических величин. Измерение температуры является хорошим примером этого, поскольку некоторые из используемых датчиков основаны на этой технологии.

---

<sup>14</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 318 p.

#### 4.1 Емкостные датчики

Емкостные датчики состоят из двух параллельных металлических пластин, в которых диэлектрик между пластинами воздух или некоторый другой носитель. Емкость  $C$  задается, где  $C = \epsilon_0 \epsilon_r A/d$

$\epsilon_0$  абсолютная диэлектрическая проницаемость,  $\epsilon_r$  является относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрической среды между пластинами,  $A$  представляет собой площадь пластин, и  $d$  является расстоянием между ними. Существуют две формы емкостных устройств существуют, которые различаются в зависимости от того, фиксировано или нет расстояние между пластинами. Конденсаторное устройство, в котором расстояние между пластинами является переменным, используется главным образом в качестве датчиков перемещения. Движение подвижной емкостной пластины относительно одной неподвижной изменяет ёмкость. Такие устройства могут быть использованы непосредственно в качестве датчика перемещения путем применения движения, которой используется для перемещаемой пластины конденсатора. Ёмкостные датчики перемещения обычно составляют часть приборов для измерения давления, звука или ускорение, как описано в последующих главах<sup>15</sup>.

В альтернативной форме конденсатора, расстояние между пластинами фиксирована. Изменение емкости достигается за счет изменения диэлектрической проницаемости материала между плитами в некотором роде. Одним из применений, где диэлектрическая среда представляет собой воздух, и устройство используется в качестве датчика влажности путем измерения содержания влаги в воздухе. Еще одним распространенным является применение в качестве датчика уровня жидкости, где диэлектрик часть воздуха и часть жидкость в соответствии с уровнем жидкости, что устройство вставляется в. Оба эти приложения рассмотрены более подробно в последующих главах. Этот принцип используется в устройствах для измерения содержания влаги, значения влажности и уровня жидкости, как описано в последующих главах.

#### 4.2 Резистивные датчики

Резистивные датчики полагаются на изменения сопротивления материала, когда измеренная переменная применяется к нему. Этот принцип применяется чаще всего при измерении температуры с помощью термометров сопротивления или термисторов. Он также используется при измерении перемещений с использованием тензо датчиков или пьезо резистивных датчиков. Кроме того, некоторые измерители влажности работают по принципу сопротивления вариации.

---

<sup>15</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 318 p.

### 4.3 Магнитные датчики

Магнитные датчики используют магнитные явления индуктивности, вихревые токи, для указания значения измеряемой величины, которое, как правило, принимает некоторую форму перемещения. Индукционные датчики переводят движение в изменение взаимной индуктивности между связанными магнитными частями. Одним из примеров этого является индуктивный датчик перемещения, показанный на рис.7. В этом, одной обмотки на центральном крыле "Е" -образного ферро магнитного тела возбуждается переменным напряжением. Смещение для измерения применяется к ферро магнитной пластине в непосредственной близости к части "Е". Информация о движении пластины изменяют потока пути и, следовательно, приводит к изменению тока, протекающего в обмотке. По закону Ома, ток, протекающий в обмотке задается  $I = V/\omega L$ . При фиксированных значениях  $\omega$  и  $V$ , то это уравнение становится  $I = 1/KL$ , где  $K$  является константой. Отношения между  $L$  и

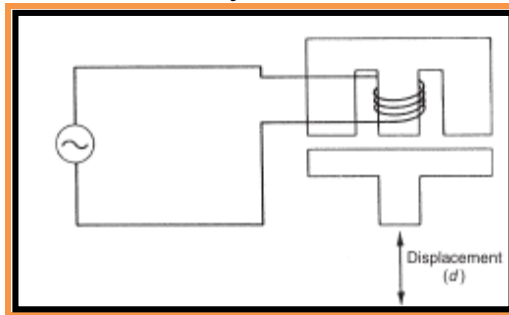


Рис. 7 Индуктивный датчик перемещения

перемещение,  $d$ , применяется к пластине является нелинейным, и, следовательно, выходной сигнал тока / смещение характеристика должна быть откалибрована. Принцип индуктивности также используется в дифференциальных трансформаторах для измерения поступательных и вращательных перемещений. В переменных датчиках наматывают обмотку катушки на постоянном магните, а не на железном сердечнике, как в переменном датчике индуктивности. Такие устройства обычно используются для измерения скоростей вращения. На рис.8 показан типичный инструмент, в котором ферро магнитный зуб помещается рядом с датчиком. По мере того как кончик каждого зуба на шестеренке перемещается в направлении и в сторону от считывающего устройства, изменение магнитного потока в катушке съема вызывает напряжение, чтобы индуцировать в катушке величину, которая пропорциональна скорости изменения потока. Таким образом, выходной сигнал представляет собой последовательность положительных и отрицательных импульсов, частота которых пропорциональна скорости вращения зубчатого колеса. Датчики тока Вихревые состоят из зонда, содержащего катушку, как показано на рисунке 13.3, который возбуждается на высокой частоте, которая обычно составляет 1 МГц. Используется для измерения смещения зонда относительно движущейся мишени металла. Из-за высокой частоты возбуждения,

индуцируются вихревые токи только на поверхности мишени, а величина тока сводится

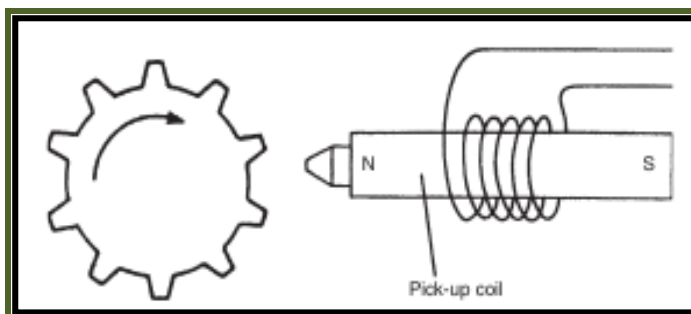


Рис.8 Переменная датчика с магнитным сопротивлением

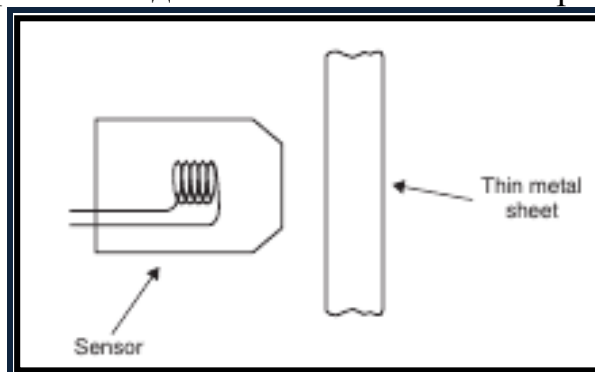


Рис.9 Датчик тока Eddy

почти до нуля на короткое расстояние внутри мишени. Это позволяет датчику работать с очень тонкими мишенями, такими как стальной диафрагмы датчика давления. Вихревые токи изменяют индуктивность катушки зонда, и это изменение может быть переведено на выход постоянного тока напряжение, которое пропорционально расстоянию между зондом и мишенью. Разрешение измерений достигает 0,1 мм может быть достигнута. Датчик может также работать с непроводящей мишенью, если кусок алюминиевой ленты прикреплен к нему.

#### 4.4 Датчики эффекта Холла

В принципе, датчик Холла представляет собой устройство, используемое для измерения величины магнитного поля. Он состоит из проводника с током, который выровнен ортогонально с магнитным полем, как показано на рис.9. Это создает разницу поперечного напряжения на устройстве, которое прямо пропорционально напряженности магнитного поля. Для получения тока возбуждения,  $I$ , и напряженности магнитного поля,  $B$ , выходное напряжение задается  $V = K / B$ , где  $K$ – константа Холла<sup>16</sup>.

Проводник в базе датчиков Холла обычно изготавливают из полупроводникового материала, в отличие от металла, так как увеличение выходного напряжения производится для магнитного поля заданного размера. В одном общем использовании устройства в качестве датчика расстояния, магнитное поле обеспечивается постоянным магнитом,

<sup>16</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 321 p.

встроенным в аппарат. Величина этого поля изменяется, когда устройство приближается к любому объекту черного металла или границы. Эффект Холла также используется обычно в компьютерные клавиатуры кнопок. Когда кнопка нажата, магнит крепится под кнопкой движется мимо датчика Холла. Это генерирует наведенное напряжение в датчике, который преобразуется с помощью схемы триггера в цифровой выходной сигнал. Такие кнопочные переключатели могут работать на высоких частотах без дребезга контактов.

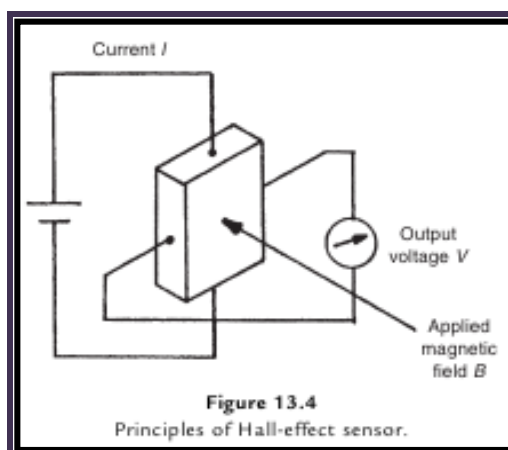


Рис.9 Принципы датчика Холла

#### 4.5 Пьезо преобразователи

Пьезоэлектрические преобразователи производят выходное напряжение, когда к ним прикладывается сила. Они могут также работать в реверсивном режиме, когда приложенное напряжение формирует выходную силу. Они часто используются в качестве ультразвуковых передатчиков и приемников. Они также используются в качестве преобразователей перемещения, в частности, в качестве части устройства измерения ускорения, силы и давление. В ультразвуковых приемниках, синусоидальные колебания амплитуды ультразвуковой волны, переводятся в синусоидальные изменения амплитуды силы, приложенной пьезоэлектрическим преобразователем. Аналогичным образом, поступательные движения в датчиках смещения вызвано механическими средствами, чтобы прикладывать усилие к пьезоэлектрическим преобразователям.

Пьезоэлектрические преобразователи выполнены из пьезоэлектрических материалов. Они имеют асимметричную решетку молекул, искажающуюся при приложении механической силы к ней. Это искажение вызывает переориентацию электрических зарядов в материале, что приводит к относительному смещению положительных и отрицательных зарядов. Смещение заряда индуцирует поверхностные заряды на материале противоположной полярности между двумя сторонами. Имплантацией электродов в поверхность материала, эти поверхностные заряды могут быть измерены в качестве выходного напряжения. Для прямоугольного блока материала, индуцированное напряжение задается

$$V = \frac{kFd}{A}$$

где  $F$  является приложенное усилие в граммах,  $A$  представляет собой площадь материала в мм,  $d$  представляет собой толщину материала, а  $K$  является пьезо константа. Полярность наведенного напряжения зависит от того, будет ли сжатии или растяжении материала. Входное сопротивление прибора, используемого для измерения наведенного напряжения должны быть тщательно подобраны. Подключение измерительного прибора обеспечивает путь для индуцированного заряда утечки прочь. Следовательно, входное сопротивление прибора должна быть очень высокой, особенно в тех случаях, статические или медленно изменяющиеся смещения измеряются.

Материалы, демонстрирующие пьезоэлектрический поведение включают природные из них, такие как кварц, синтетические, такие как сульфат лития и сегнетокерамика, такие как титанатбария. Пьезоконстанта колеблется в широких пределах между различными материалами. Типичные значения  $k$  2,3 для кварца и 140 для титаната бария. Применяя уравнение (13.1) для силы 1 г наносят на кристалл площадью 100 мм<sup>2</sup> и толщиной 1 мм дает выход 23 мВ для кварца и 1,4 мВ для титаната бария. Некоторые полимерные пленки, такие как поливинилидин также обладают пьезоэлектрическими свойствами. Они имеют более высокое выходное напряжение, чем большинство кристаллов и очень полезны во многих случаях, когда перемещение должно быть переведено в напряжение. Тем не менее, они имеют очень ограниченную механическую прочность и не подходят для применений, где резонанс могут подготавливаться в материале. Пьезоэлектрический принцип обратим, и, следовательно, искажение пьезоэлектрического материала может быть вызвано путем приложения напряжения к нему. Это обычно используется в ультразвуковых преобразователей, где применение синусоидальное напряжение с частотой в ультразвуковом диапазоне обуславливает синусоидальные колебания толщины материала и приводит к возникновению звуковой волны, испускаемой при выбранной частоте. Это рассматривается далее в разделе, посвященном ультразвуковым преобразователей.

#### 4.6 Тензорезисторы

Тензо датчики представляют собой устройства, которые регистрируют изменение сопротивления, когда они растянуты или напряжены. Они способны обнаруживать очень малые смещения, как правило, в диапазоне от 0,50 мм, и, как правило, используются в качестве части других датчиков, например, мембранных датчиков давления, преобразующих изменения давления при малых смещениях диафрагмы<sup>17</sup>. Неточности измерения, как

---

<sup>17</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 323 p.



низко как 0,15% от полной шкалы могут быть достигнуты, а цитируемый продолжительность жизни, как правило, три миллиона развороты. Тензо датчики изготовлены в различных номинальных значений сопротивления, из которых 120, 350 и 1000  $\Omega$  являются очень распространенным явлением. Типичное максимальное изменение сопротивления в 120-  $\Omega$  устройства будет в 5  $\Omega$  при максимальном отклонении.

Традиционный тип тензо датчика состоит из длинной металлической проволоки с сопротивлением, зигзагообразно образованной и установленной на гибкой подложке листа, как показано на рис.10а. Провод номинально круглого поперечного сечения. Поскольку штамм применяется к датчику, форма поперечного сечения резистивной проволоки искажается, изменяя площадь поперечного сечения. Поскольку сопротивление провода на единицу длины обратно пропорционально площади поперечного сечения, вследствие чего изменяется сопротивление. Соотношение ввода-вывода тензо датчика выражается калибровочным коэффициентом, который определяется как изменение сопротивления ( $R$ ) для заданного значения деформации ( $S$ ), то есть калибр =  $\delta R/\delta S$ .

В последние годы провода датчиков в основном были заменены металлической фольгой, как показано на рис.10 b, или полупроводниками типа металлорежущей фольги, где активный элемент состоит из куска металлической фольги разрезанной зигзагом. Резка фольги в требуемую форму намного проще, чем формирование куска резистивной проволоки в требуемую форму, что делает устройства дешевле в изготовлении.

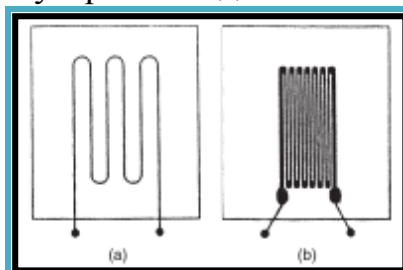


Рис. 10 Тензометры: (а) тип провода и (б) тип фольги

Популярный материал для деформации металла представляет собой сплав медно-никель-марганец, который известен под торговым названием "Advance." Пьезо резистивные элементы полупроводникового типа по сравнению с металлическими датчиками имеют значительно превосходящий фактор по калибру (до 100 раз лучше), но стоят дороже. Кроме того, в то время как металлические датчики имеют почти нулевой температурный коэффициент, полупроводниковые типы имеют относительно высокий температурный коэффициент. При использовании тензо датчики соединены с объектом, перемещение которого необходимо измерить. Процесс связывания представляет собой определенное количество трудностей, в частности, для полупроводниковых типов. Сопротивление датчика обычно измеряется с помощью схемы моста постоянного тока, а измерение смещения выводится из выходного моста. Максимальный ток, который может протекать в тензо

датчике, находится в области от 5 до 50 мА в зависимости от типа. Таким образом, максимальное напряжение, которое может быть применено, ограничено, и, следовательно, изменение сопротивления в тензо датчике обычно мало, и как следствие выходное напряжение моста также мало.

#### 4.7 Пьезо резистивные датчики

Пьезо резистивный датчик выполнен из полупроводникового материала, в котором область *p*-типа рассеяна основанием *n*-типа. Сопротивление при этом сильно варьируется, если датчик сжимается или растягивается. Это часто используется в тензо датчике, в котором производится значительно более высокий коэффициент, чем металлические проволоки или фольга манометров. Кроме того, погрешность измерения может быть снижена до  $\pm 0,1\%$ . Он также используется в полупроводниковых датчиках давления с диафрагмой и в полупроводниковых акселерометрах.

Следует также отметить, что датчик термин «пьезо резистивный» иногда используется для описания всех типов тензодатчиков, включая типы металлов. Тем не менее, это неверно, так как только около 10% от выхода из тензо датчика металла генерируется пьезо резистивными эффектами, с остатком, возникающие из изменения размеров поперечного сечения в проволоке или фольге. Собственные пьезоэлектрические датчики деформации, которые в качестве альтернативы, известны как датчики деформации полупроводника, производят большую часть (около 90%) своей продукции за счет пьезо резистивных эффектов, и лишь небольшая часть продукции из - за изменения размеров в датчике.

#### Контрольные вопросы:

1. Опишите общие принципы работы емкостных датчиков и обсудить некоторые их применения.
2. Обсудите некоторые применения резистивных датчиков.
3. Какие типы магнитных датчиков существуют и как они в основном используются? Опишите режим работы каждого.
4. Какие датчики Холла? Как они работают и что они используются?
5. Как работает пьезоэлектрический преобразователь и какие материалы, как правило, используются в их строительство? Обсудите некоторые общие применения такого типа устройств.
6. Что такое тензо датчик и как это работает? Какие проблемы в принятии и с использованием традиционного металла сортамент деформации и каким образом эти проблемы были преодолеть новых типов тензо датчиков?
7. Обсудите некоторые применения тензо датчиков.
8. Какие датчики Пьезо резистивные и что они, как правило, используются для?

### **Используемая литература:**

1. Riedijk, F. R., & Huijsing, J. H. (1997). Sensor interface environment based on a serial bus interface. *Measurement and Control*, 30, 297–299.
2. Webster, J. G. (1998). *Medical instrumentation*. John Wiley.

### **5- тема: Сбор данных с LabVIEW**

#### **План:**

1. *Компьютер на основе сбора данных*
2. *Получение данных*
3. *National Instruments LabVIEW*
4. *Виртуальные инструменты*
5. *Введение в графическое программирование в LabVIEW*
6. *Элементы палитры Инструменты*
7. *Логические операции в среде LabVIEW*
8. *Циклы в среде LabVIEW*
9. *Структура Case в среде LabVIEW*
10. *Сбор данных с помощью LabVIEW*

**Ключевые слова:** мультиметр, элементы палитры инструменты, логические операции в среде LabVIEW, циклы в среде LabVIEW, структура Case в среде LabVIEW, сбор данных с помощью LabVIEW.

Эта глава предназначена для того, чтобы познакомить читателя с концепцией сбора данных компьютерной и LabVIEW, пакет программного обеспечения, разработанного компанией National Instruments. Основная причина для фокусировки на LabVIEW является его распространенность в лабораторных условиях. Чтобы быть уверенным, есть и другие программные средства, которые поддерживают сбор данных лабораторного сделанные целым рядом поставщиков. Они рассматриваются кратко в приложении из - за их ограниченного присутствия в образовательном учреждении. Следует также отметить, что Matlab и другие программные средства, используемые для моделирования, в частности динамических систем, иногда используются в лабораторных условиях, хотя их использование часто ограничивается специализированных приложений, таких как контроль в режиме реального времени. По этой причине, эти инструменты не обсуждаются в этой главе<sup>18</sup>.

Сам LabVIEW является как обширный программной платформы. Она включает в себя множество функциональных возможностей, начиная от основных алгебраических операторов до передовых компонентов обработки сигналов, которые могут быть интегрированы в довольно сложных и комплексных программ. Для педагогических причин, почему мы только ввести основные идеи из LabVIEW, которые необходимы для

---

<sup>18</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. *Measurement and Instrumentation. Theory and Application*. Elsevier Inc. London. 2012. 115 p.

функционирования в типичном студенческом инженерно-лабораторных условиях. Расширенные навыки программирования могут быть разработаны в течение долгого времени, как прирост читателя комфорт с основным функционированием LabVIEW и ее внешних интерфейсов.

Конкретные темы обсуждаются в этой главе, а также связанные с ними цели обучения заключаются в следующем.

- Структура персонального компьютера (ПК) основе сбора данных (DAQ) системы, цель DAQ карт, а также роль в LabVIEW этом контексте
- Разработка простых виртуальных инструментов (VIS), используя основные функциональные возможности LabVIEW, а именно арифметических и логических операций
- Построение функционально расширение VIs с помощью операций управления LabVIEW потока программы, такие как время цикла и структуры корпуса
- Разработка Вис, которые позволяют для взаимодействия с внешним оборудованием, как, например, приобретение внешних сигналов через входные каналы DAQ карт и генерации функций с использованием выходных каналов DAQ карт.

Эти функциональные возможности необходимы для помощи LabVIEW в лабораторных условиях. Дополнительные возможности LabVIEW рассматриваются в следующей главе по обработке сигналов в LabVIEW.

## 5.1 Компьютер на основе сбора данных

При изучении механических систем, часто необходимо использовать электронные датчики для измерения определенных переменных, таких как температура (с помощью термопары или РДТ), давление (используя пьезоэлектрические преобразователи), напряжение (с помощью тензо датчиков) и так далее<sup>19</sup>. Несмотря на то, что можно использовать осциллографы или мультиметрами для мониторинга этих переменных, часто предпочтительно использовать ПК для просмотра и записи данных с помощью использования DAQ - карты. Одно главное преимущество использования компьютеров в этом отношении является то, что данные могут быть сохранены и преобразованы в формат, который может быть использован с помощью электронных таблиц (например, Microsoft Excel) или других программных пакетов, таких как Matlab для более подробного анализа. Еще одним преимуществом является то, что значительная цифровая обработка данных может быть выполнена в режиме реального времени с помощью той же самой платформе, используемой для получения данных. Это может существенно улучшить процесс выполнения эксперимента, внося данные в реальном времени более полезными для дальнейшей обработки.

---

<sup>19</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 116 p.

## 5.2 Получение данных

Одним из важных шагов в процессе сбора данных является преобразование аналоговых сигналов, принимаемых от чувствительных приборов для цифровых представлений, которые могут быть обработаны с помощью компьютера. Поскольку данные должны быть сохранены в памяти компьютера в виде отдельных точек данных, представленных двоичными числами, поступающие данные аналоговых должны быть выбраны в дискретные интервалы времени и квантуется к одному из набора предварительно заданных значений. В большинстве случаев это достигается с помощью цифро-аналогового (D/A) компонент преобразования на DAQ карты внутри ПК или взаимосвязанную к нему через последовательный порт универсальная последовательная шина (USB). Обратите внимание, что оба варианта используются обычно. Тем не менее, портативные компьютеры и/или ПК низкопрофильные как правило, требуют использования USB-устройств на основе DAQ.

## 5.3 National Instruments LabVIEW

LabVIEW представляет собой программный пакет, который предоставляет функциональные инструменты и пользовательский интерфейс для сбора данных. На рисунке 1 изображена схема потока данных в процессе сбора данных. Обратите внимание, что физическая система может быть механической системой, такой как луч подверженных стрессу, химическим способом, таким как ректификационную колонну, двигатель постоянного тока с механических и электрических компонентов, и так далее. Ключевым моментом здесь является то, что некоторые измерения берутся из данной физической системы, получены и обработаны с помощью системы сбора данных на базе ПК. LabVIEW играет ключевую роль в процессе сбора данных<sup>20</sup>. Благодаря использованию Вис, LabVIEW направляет выборки в реальном времени данных датчиков через DAQ карты (также известный как карты I / O) и способна хранения, обработки и отображения собранных данных. В большинстве случаев, один или несколько датчиков передают аналоговые показания к DAQ карты на компьютере. Эти аналоговые данные затем преобразуются в отдельные цифровые значения с помощью DAQ - карты и сделаны доступными для LabVIEW, и в этот момент они могут отображаться пользователю. Хотя LabVIEW способна на некоторые функции анализа данных, часто предпочтительно, чтобы экспортировать данные в электронную таблицу для детального анализа и графического представления.

---

<sup>20</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 117 p.

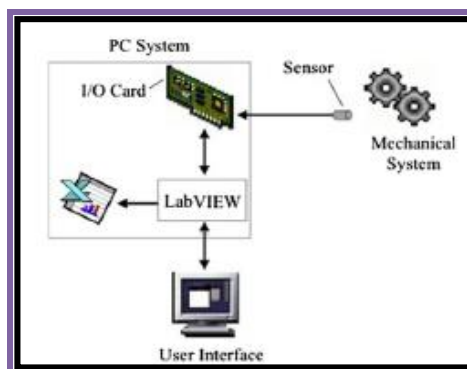


Рисунок 1 Схема процесса сбора данных

## 5.4 Виртуальные инструменты

ВП является программа, созданная в среде программирования LabVIEW, который имитирует физические или жесткие инструменты, такие как осциллографы или функциональных генераторов. Простой VI используется для получения формы сигнала изображена на рисунке 2. На передней панели (как показано на рисунке 2) действует в качестве пользовательского интерфейса, в то время как сбор данных (в этом случае процесс генерации) выполняется с помощью комбинации ПК и DAQ - карты. Так же, как на передней панели реального инструмента, окно передней панели расположены элементы управления (то есть ручки и переключатели), которые позволяют пользователю изменять некоторые параметры во время эксперимента. Они включают в себя селектор, чтобы выбрать тип сигнала и числового управления, чтобы выбрать частоту и амплитуду генерируемого сигнала, а также ее фазы, амплитуды и смещения.

На передней панели ВП обычно также содержит индикаторы, которые отображают данные или другую важную информацию, связанную с экспериментом. В этом случае график используется для отображения формы волны. Блок - схема (не показана, но обсуждается ниже) аналогична проводке и внутренних компонентов реального инструмента. Конфигурация блок - схемы ВП определяет, как передние элементы управления и индикаторы панели связаны между собой. Она также включает в себя такие функции, как связь с DAQ карты и экспорта данных на диск файлов в формате электронной таблицы.

## 5.5 Введение в графическое программирование в LabVIEW

LabVIEW использует графический язык программирования, который определяет, каким образом каждый VI будет работать. В этом разделе обсуждаются внутренние работы простого LabVIEW VI используется для сложения и вычитания двух чисел. В то время как этот ВП не особенно полезно в лабораторных условиях, его иллюстрирует, как основные компоненты LabVIEW могут быть использованы для построения ВП и, следовательно, помогает читателю двигаться в направлении разработки более сложных VIs.

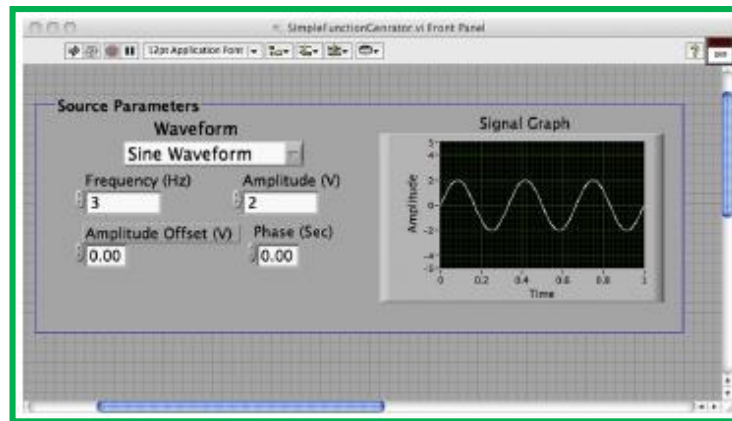


Рисунок 2 Простая функция генератора виртуальный инструмент.

На рисунке 3 показана панель и блок - схема передней части VI, который принимает два числа от пользователя (X и Y) с помощью двух простых числового программного управления и выдает сумму и разность ( $X + Y$  и  $X - Y$ ) чисел, перемещенных на фронте панели с помощью двух простых числовых показателей. Блок - схема VI представляет собой графическое, или, точнее, поток данных, программа, которая определяет, как элементы управления и индикаторы на передней панели взаимосвязаны. Элементы управления на передней панели показывают значения VI, которые могут быть изменены пользователем в то время как VI работает. Индикаторы отображаются значения, которые выводятся с помощью VI. Каждый элемент управления и индикатор в окне передней панели связана с терминалом в окне блок - схемы. Провода в окне блок - схемы представляют собой поток данных в пределах VI. Узлы дополнительные элементы программирования, которые могут выполнять операции по переменным, выполняют входные или выходные функции через DAQ - карты, а также служат множество других функций. Два узла в VI, показанные на рисунке 3 (сложение и вычитание) имеют два входа и один выход, как, например, изображено на рисунке 4. Данные могут быть переданы в узел через свои входные клеммы (обычно с левой стороны), и результаты могут быть доступны через выходные клеммы узла, как правило, справа.

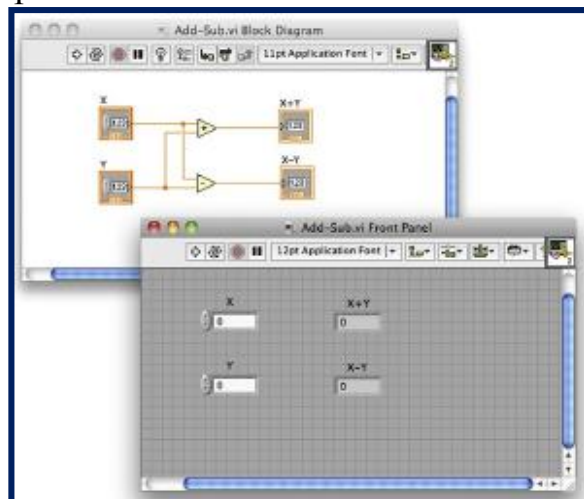


Рисунок 3 Сложение и вычитание VI






Рисунок 4 Надстройка узел

Поскольку LabVIEW диаграммы потока данных приводом, последовательность, в которой различные операции в VI выполняются не определяется порядком набора команд. Скорее всего, узел блок - схема выполняется, когда данные присутствуют на всех своих входных клеммах. В результате, в случае блок - схеме на рисунке 3, один не знает, будут ли исполнять оных узел или узел вычесть первым. Эта проблема имеет последствия в более сложных приложениях, но не особенно важно в данном контексте. Тем не менее, нельзя считать, порядок исполнения лишь на основании положения вычислительных узлов (сверху вниз или слева направо). Если определенный порядок выполнения требуется или желательно, необходимо явным образом построить управление потоком программы механизмов в ВП, которые на практике не всегда возможно и не находится в том духе, в котором LabVIEW был первоначально разработан.

### 5.6 Элементы палитры Инструменты

Указатель мыши может выполнять ряд различных функций в среде LabVIEW в зависимости от указателя инструмента выбран<sup>21</sup>. Можно изменить инструмент указателя мыши, выбрав нужный инструмент из палитры инструментов, показанной на рисунке 5. (Если палитра инструментов не отображается на экране, его можно отобразить, выбрав Tools в меню Вид.) Выбор доступных в палитре инструментов заключаются в следующем:

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Автоматический выбор инструмента. Автоматически выбирает инструмент предполагается, что вы должны в зависимости от контекста. Например, это может быть инструментом позиционирования, инструментом проводки, или текст инструмента, как отметил далее позже.</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Рабочий инструмент. Этот инструмент используется работать с передней панели управления до или во время ВП работает.</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Позиционирование инструмента. Этот инструмент используется для выбора, перемещать или изменять размеры объектов либо на передней панели или на схеме окна. Например, чтобы удалить узел на диаграмме, можно было бы сначала выбрать узел с помощью инструмента позиционирования, а затем нажмите клавишу удаления.</li></ul>

<sup>21</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 120 p.





	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Текстовый инструмент. Этот инструмент используется для добавления или изменения метки. Ключ ввода используется для завершения задачи.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Электропроводка инструмент. Этот инструмент используется для проволоки объекты вместе в окне диаграммы. При выборе этого инструмента, вы можете переместить указатель мыши на один из входных или выходных терминалов Узла, чтобы увидеть описание этого терминала.</li> </ul>



Рисунок 5 Инструменты палитры

Можно добавить элементы управления и индикаторы на передней панели ВП, перетаскивая их из палитры элементов управления, изображенной на рисунке 6 и который виден только тогда, когда окно на передней панели активна.

Если по какой - то причине, палитра управления не видно, можно получить доступ к нему щелкнув правой кнопкой мыши в любом месте окна на передней панели. После того, как элемент управления или индикатор добавляется к передней панели ВП, соответствующий терминал автоматически создается в окне блок - схемы. Добавление дополнительных узлов в блок - схеме требует использования палитры функций, которая доступна только окно блок - схема видна.

Можно добавить арифметические и логические элементы окна блок - схемы путем перетаскивания этих элементов из палитры функций. Функции, сложение, вычитание, и так далее, можно найти в цифровой подпалитре секции программирования функций палитры (рис 7, четвертый значок слева). Можно также использовать константы из числовых подпалитре в виде блок - схемы и проволоки эти константы в качестве входных данных к различным узлам.

### 5.7 Логические операции в среде LabVIEW

В более сложных VIs, можно столкнуться с ситуацией, когда ВП должны реагировать по-разному в зависимости от состояния под рукой. Например, в процессе сбора данных, ВП, возможно, потребуется, чтобы включить предупредительный световой сигнал, когда входное напряжение превышает

определенный порог, и, следовательно, это может быть необходимо, чтобы сравнить входное напряжение с пороговым значением. Кроме того, ВП должен принять решение на основе результата сравнения (включить свет на экране или внешние по отношению к системе сбора данных, произвести звуковой сигнал и т.д.)<sup>22</sup>.

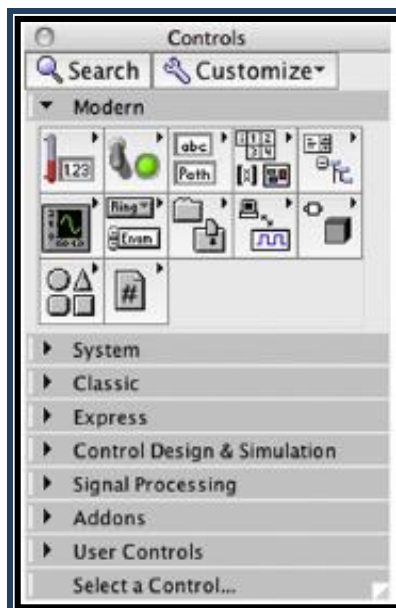


Рисунок 6 управления палитры

Для обеспечения этих типов приложений, многие логических операторов доступны в среде LabVIEW. Их можно найти в сравнении подпалитре секции программирования палитры функций. Следует отметить, что, как уже говорилось ранее, палитра функций доступна, когда окно диаграмма верхнее окно (фокус) на экране. Если нужно определить сравнения подпалитре, можно переместить указатель мыши на секции программирования палитры, чтобы вызвать различные подпалитрах. Сравнение узлов, как, например, изображенной на рисунке 8, используются для сравнения двух чисел. Их выход истинным или ложным. Это значение может быть использовано для принятия решений между двумя числами, как показано на рисунке 8. Другим важным узлом в этом отношении является выбор узла, который также доступен в том же подпалитре. Этот узел принимает решение, основываясь на результатах предыдущего сравнения, такой, как показано на рисунке 8. Если средний входной окне выбора узла верно, то он выбирает его верхний вход в качестве своей продукции. Если его средний вход является ложным, он выбирает свой нижний вход в качестве своей продукции. Таким образом, можно соединить узлы сравнения с отборным узлом, чтобы произвести соответствующее действие для последующей обработки.

<sup>22</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 121 p.

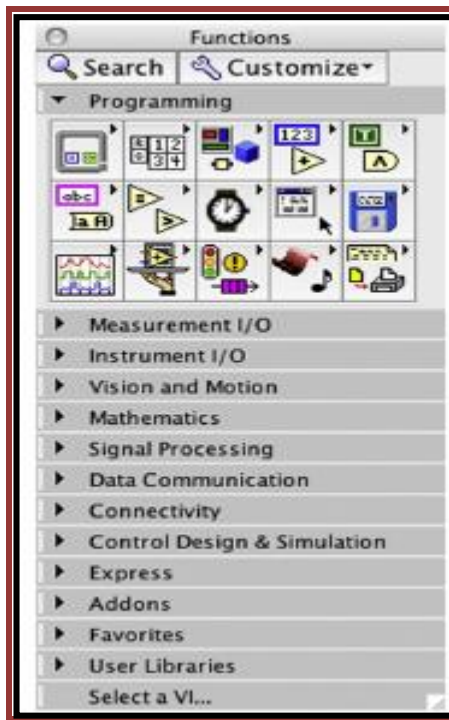


Рисунок 7 Функции палитры

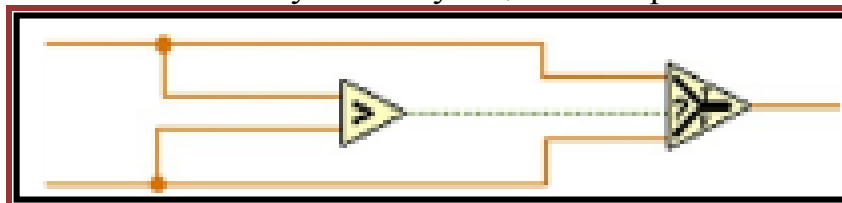


Рисунок 8 Логический пример

### 5.8 Циклы в среде LabVIEW

При построении более сложных виртуальных приборов он не будет достаточно, чтобы просто выполнить операцию один раз. Например, если LabVIEW используется для вычисления факториала целого числа,  $n$ , то программа должна продолжаться  $n$  на  $n - 1$ , № 2, и так далее. Более уместный, в процессах сбора данных, нужно приобрести несколько образцов данных и обработки данных<sup>23</sup>. По этой причине, то LabVIEW включает в себя несколько типов структур петель.

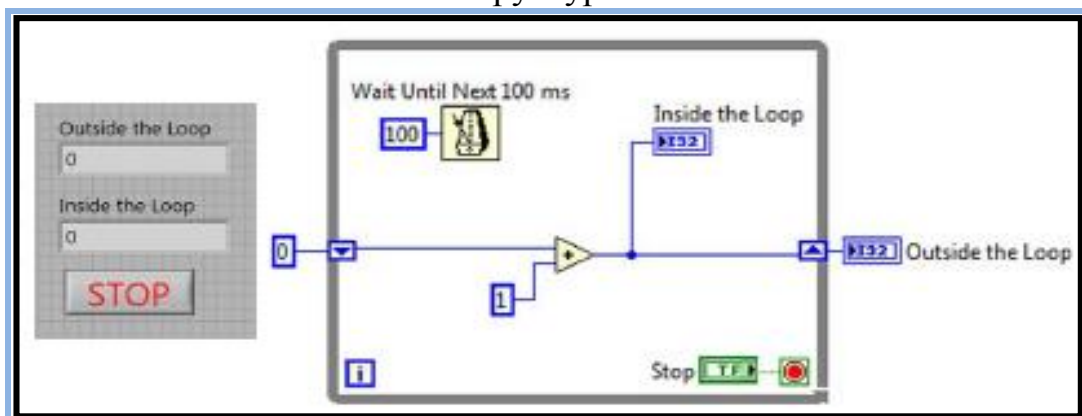


Рисунок 9 Пример контура VI

<sup>23</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 123 p.

Их можно найти в структурах подпалитре секции программирования в палитре функций. (Обратите внимание, что, как с каждым из инструментов LabVIEW, можно использовать LabVIEW функцию помощи или его быструю функцию справки, чтобы получить более подробную информацию об этих конструкциях.) Здесь пользователь может найти то время цикла, для цикла, в случае заявления, а также несколько другие важные структуры петли. Рисунок 9 изображает простую программу, которая использует цикл. Есть несколько важных пунктов, чтобы отметить об использовании петель. Все, что содержится внутри цикла будет повторяться до тех пор состояние окончания цикла не будет выполнено. Какое-то время цикла, это будет некоторый тип логического условия. В нашем примере, приведенном выше, мы использовали кнопку, чтобы остановить цикл. Цикл остановится, когда значение истина передается кнопку остановки при завершении цикла. Кроме того, часто бывает важно, чтобы иметь возможность передавать значения от одной итерации к следующей. В примере, приведенном выше, нам нужно было взять число из последней итерации и добавьте к нему. Это достигается с помощью регистра сдвига. Чтобы добавить регистр сдвига, нужно щелкнуть правой кнопкой (или вариант кнопки мыши на Mac) на правой или левой стороне петли и используйте меню, которое открывает для добавления регистра сдвига. Для того, чтобы использовать регистр сдвига, нужно подключить значение, которое будет передано следующей итерации к правой стороне, как показано на рисунке 9. Для того, чтобы использовать значение из предыдущей итерации, один тянет проволоку с левой стороны коробки петли на терминал по собственному выбору. Кроме того, элементы первоначально проводные вместе могут быть включены в цикл просто путем создания одного вокруг этих элементов. Проводка первоначально на месте будут сохранены. Наконец, следует отметить, что метроном во времена мертвую петлю таким образом, что он работает каждый элемент 100ms. This доступен из синхронизации подпалитре в секции программирования палитры функций.

### **5.9 Структура Case в среде LabVIEW**

Случай структура является программная конструкция, которая полезна в эмулирующий переключатель, аналогично тому, что на передней панели жесткого инструмента, чтобы позволить пользователю выбрать один из нескольких доступных задач. С точки зрения его появления в среде LabVIEW, случай структура работает так же, как в то время цикла, как очевидной на рисунке 10. Тем не менее, существуют значительные различия между случаем структуры и петли в то время как в том, что случай структура выполняет отдельную операцию для каждого случая условного оператора, который управляет этой структурой.

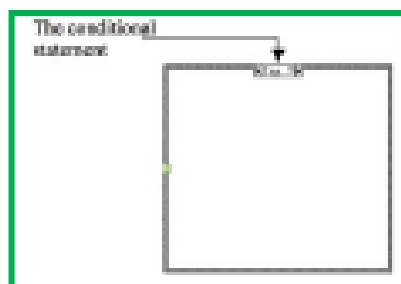


Рисунок 10 Случай структуры в среде LabVIEW

Условный оператор принимает значение, выбранное пользователем во время выполнения из числа множества значений, для которых данный случай структура запрограммирован для выполнения. Этот набор может быть  $\{0,1\}$ , как в случае, когда первоначально случай структура добавляется к VI, и может быть расширена на этапе программирования, щелкнув правой кнопкой мыши на условном операторе и выбрав пункт «Добавить случай» по мере необходимости. Для каждого случая ВП должен включать соответствующий план выполнения, который помещается внутри ограничительной рамки корпуса структуры. Условный оператор, связанный с структурой, как правило, приводится в кольцо, который расположен на передней панели данного VI и выходит за пределы ограничительной рамки корпуса структуры в блок - схеме панели ВП. Это кольцо соединено к коробке вопросительный знак на правой стороне корпуса структуры в блок - схеме. Это показано на рисунке 11 в сочетании с четырьмя функциями калькулятора, реализованной в среде LabVIEW. Очевидно, на рисунке 11, что кольцо, действуя в качестве выбора режима работы, приводит в действие условие  $0$ , в то время как переменные  $X$  и  $Y$ , реализованный с помощью числового управления на передней панели, передать их значение в случае структуры, которая встраивает фактическую математическую операцию для каждой из четырех функций (сложение, вычитание, умножение и деление) в выделенной панели. На рисунке 11 показана панель, связанную с операцией деления. Стрелки в формулировке условия прецедентного структуры могут быть использованы на стадии программирования, чтобы открыть каждому из дел, что дело структура предназначена для реализации. Кольцо снаружи корпуса структуры должны иметь столько элементов, есть случаи, в соответствующем случае структуры. Здесь важно, чтобы убедиться, что порядок выборов в кольце и порядок функций в случае структуры соответствуют друг другу. Если первый вариант в кольце "добавить" первая функция случае структуры необходимо реализовать функцию сложения.

### 5.10 Сбор данных с помощью LabVIEW

Lab VIEW является прежде всего инструментом сбора данных. Типичная установка в лаборатории показана на рисунке 12. Помимо жестких инструментов, показанных на рисунке 12, которые также используются для выполнения сбора данных и мониторинга задач, необходима клеммная

коробка, чтобы получить входные данные от датчиков и позволить получение выходных напряжений с карты сбора данных.

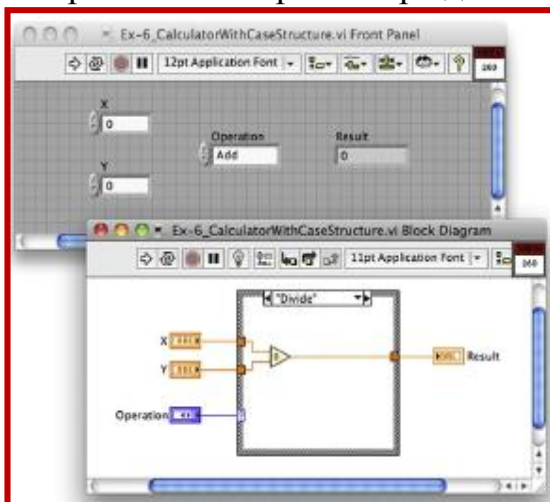


Рисунок 11 Меню кольцо используется в сочетании с практической структурой

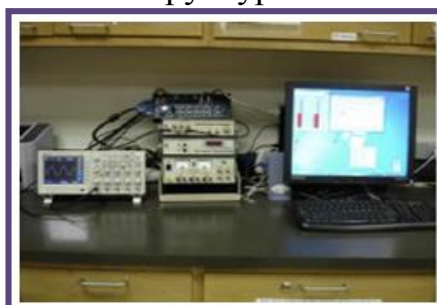


Рисунок 12 Типичная установка для LabVIEW на основе сбора данных



Рисунок 13 NI BNC-2120 соединительный блок

Типичный соединительный блок показан на рисунке 13. Это National Instrument BNC-2120. Номера контактов и стиль клеммной коробки будет меняться в зависимости от используемой модели. Эксперименты, описанные далее в этой главе, используют BNC-2120, но некоторые будут использовать различные терминалы. Для осуществления обсуждаемой ниже дифференциального режима данные карты приобретения в использовании, а это означает, что он сообщает разность напряжений через канал (канал 0 в нашем случае). Карта может также работать в абсолютном режиме, в котором он ссылается на чтение на уровне земли. Наконец, есть одна последняя часть оборудования, которая будет необходима в последующем обсуждении: функция генератора, который можно увидеть на рисунке 13. Как следует из названия, эта часть оборудования используется для генерации



синусоиды, треугольник волны, или квадратную волну. Амплитуда волны можно регулировать с помощью регулятора амплитуды. Частота волны также можно регулировать с помощью соответствующих кнопок. Основное применение этого устройства в данном контексте является создание внешнего входа в пользовательский VI, который показан на рисунке 14, который преобразует напряжение, создаваемое генератором функции в показания температуры в единицах по Цельсию и по Фаренгейту. Функции, связанные с общением с DAQ карты, обрабатываются с помощью функции "DAQ Assistant". Параметры платы ID и канала указать информацию о DAQ карты, которая говорит VI, где искать данные. Алгебраические операции, которые реализуют преобразование данных более или менее просто, как показано на рисунке 14.

### Lab VIEW Функциональный генерация

В этом разделе мы создадим ВП, который эмулирует функцию генератора, то есть, VI должен производить периодический сигнал с выбранной пользователем формы, частоты и амплитуды к выходному каналу на карте National Instruments DAQ. Кроме того, пользователь должен иметь возможность выбрать разрешение сигнала (то есть, число точек данных за период)<sup>24</sup>.

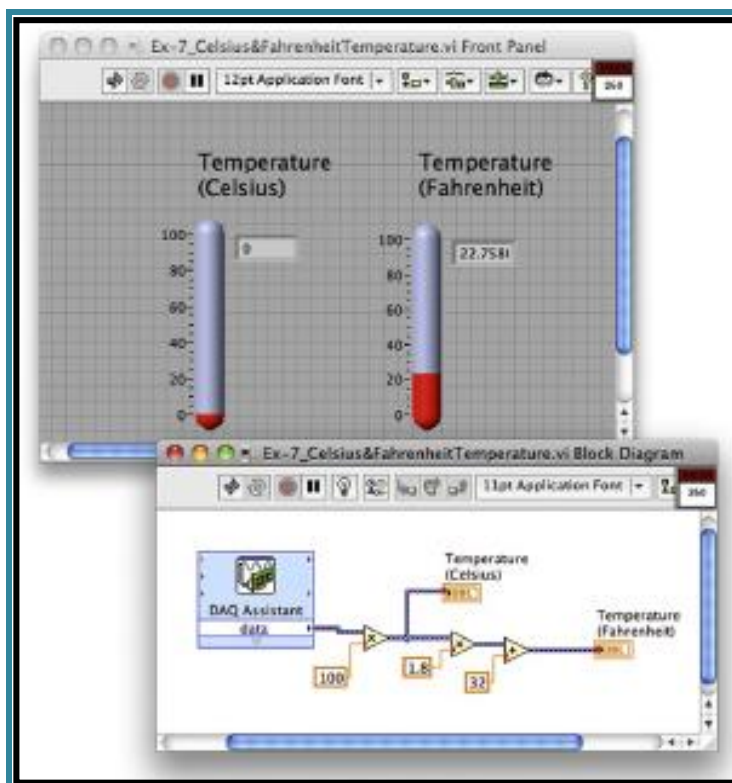


Рисунок 14 Термометр VI

На передней панели VI должна также включать осциллограмм график, который отображает по меньшей мере, один период сигнала, выбранного как он показан на рисунке 15. VI производит синусоидальную волну,

<sup>24</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 127 p.

треугольную волну или квадратную волну, выбранные пользователем. Это требует, чтобы структура случая была обернута вокруг блока формирования сигнала и кольцевой блок для связи между передней панелью и корпусом конструкции.

### Дополнительная информация

Эта глава была призвана познакомить читателя с использованием Lab VIEW в системах сбора данных компьютерной. Основные концепции программирования Lab VIEW, а именно элементы управления, индикаторы и простые узлы, используемые для реализации алгебраических операций, а также конструкции управления потоком программы, то есть, в то время как структура цикла и дела, были введены.

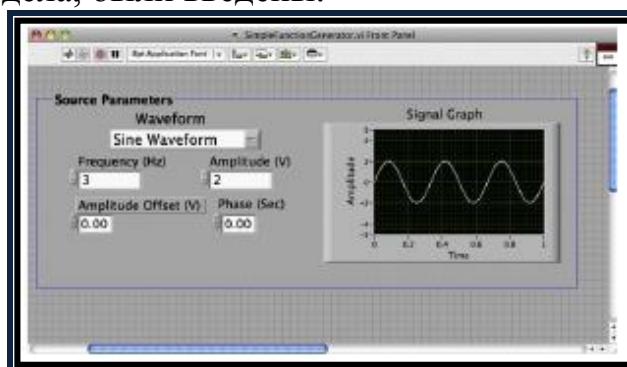


Рисунок 15 Генератор функций передней панели

Эти строительные блоки были использованы для реализации все более сложных ВП Lab VIEW. Эти VIs могут быть использованы в качестве автономных программ Lab VIEW или расширены, чтобы сформировать сложные VIs в сочетании с дополнительными элементами Lab VIEW. Они включают в себя инструменты для обработки сигналов, которые обсуждаются в следующей главе. Упражнения, которые следуют, позволяют читателю на практике построения ряда VIs, которые имеют значение в лабораторных условиях.

### Контрольные вопросы:

1. Что является результатом поверки?
2. Какие средства измерения не подлежат поверке?
3. Что измеряется осциллографом при измерении разности фаз?

### Используемая литература:

1. Morris, A. S. (1997). Measurement and calibration requirements for quality assurance to ISO 9000. John Wiley.
2. Naik, S., & Tripathy, P. (2008). Software testing and quality assurance, theory and practice. John Wiley.
3. Pfleeger, S. L., & Atlee, J. M. (2009). Software engineering: Theory and practice. Prentice Hall.
4. Shooman, M. L. (2002). Reliability of computer systems and networks: Fault tolerance, analysis and design. Wiley-Blackwell.
5. Simpson, K., & Smith, D. J. (1999). Assessing safety related systems and architectures. Measurement and control, 32, 205–208.



## IV. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

На практических занятиях у слушателей закрепляются изученные теоретические основы измерительной техники, решаются практические задачи. Полученные знания и навыки подкрепляются по учебникам и учебным пособиям, лекционным материалам, научным статьям и тезисам пользоваться раздаточным материалом.

### 1-практическое занятие:

#### Тестирование аппаратных средств персональных компьютеров

**Цель работы:** научить определять основные технические характеристики аппаратных средств современного персонального компьютера.

#### Задание

1. Изучить методические указания и рекомендуемую литературу.
2. При помощи программы «Everest» собрать данные о технических характеристиках персонального компьютера.

#### Методические указания

К основным составным частям персонального компьютера относят: системный блок, монитор, клавиатуру, мышь. В свою очередь, системный блок состоит из материнской (системной) платы на которой установлены центральный процессор, оперативная память, платы расширения (звуковой адаптер, видеоадаптер, сетевой адаптер и т.д.), блока питания, жесткого диска, оптического привода и др.

Рассмотрим состав, назначение и характеристики некоторых основных компонентов системного блока. Системная плата (рис. 1) – это сложная многослойная печатная плата, на которой устанавливаются основные компоненты персонального компьютера (центральный процессор ЦП, контроллер оперативного запоминающего устройства ОЗУ и собственно ОЗУ, загрузочное постоянное запоминающее устройство ПЗУ, контроллеры базовых интерфейсов ввода-вывода).<sup>25</sup>

Быстродействие различных компонентов компьютера (процессора, оперативной памяти и контроллеров периферийных устройств) может существенно различаться. Для согласования быстродействия на системной плате устанавливаются специальные микросхемы (чипсеты), включающие в себя контроллер оперативной памяти (так называемый северный мост) и контроллер периферийных устройств (южный мост). Северный мост обеспечивает обмен информацией между процессором и оперативной памятью по системной шине. В процессоре используется внутреннее умножение частоты, поэтому частота процессора в несколько раз больше, чем частота системной шины. В современных компьютерах частота

---

<sup>25</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 279 p.

процессора может превышать частоту системной шины в 10 раз (например, частота процессора 1 ГГц, а частота шины – 100 МГц).



Рис. 1 Логическая схема системной платы

К северному мосту подключается шина PCI (Peripheral Component Interconnectbus – шина взаимодействия периферийных устройств), которая обеспечивает обмен информацией с контроллерами периферийных устройств. Частота контроллеров меньше частоты системной шины, например, если частота системной шины составляет 100 МГц, то частота шины PCI обычно в три раза меньше – 33 МГц.

Контроллеры периферийных устройств (звуковая плата, сетевая плата, SCSI-контроллер, внутренний модем) устанавливаются в слоты расширения системной платы.

По мере увеличения разрешающей способности монитора и глубины цвета требования к быстродействию шины, связывающей видео плату с процессором и оперативной памятью, возрастают. На рисунке 1 для подключения видео платы используется специальная шина AGP (Accelerated Graphic Port – ускоренный графический порт), соединенная с северным мостом и имеющая частоту, в несколько раз большую, чем шина PCI.

Южный мост обеспечивает обмен информацией между северным мостом и портами для подключения периферийного оборудования.

Устройства хранения информации (жесткие диски, CD-ROM, DVD-ROM) подключаются к южному мосту по шине UDMA (Ultra Direct Memory Access – прямое подключение к памяти).

Мышь и внешний модем подключаются к южному мосту с помощью последовательных портов, которые передают электрические импульсы, несущие информацию в машинном коде, последовательно один за другим.

Обозначаются последовательные порты как COM1 и COM2, а аппаратно реализуются с помощью 25-контактного и 9-контактного разъемов, которые выведены на заднюю панель системного блока.

Принтер подключается к параллельному порту, который обеспечивает более высокую скорость передачи информации, чем последовательные порты, так как передает одновременно 8 электрических импульсов, несущих информацию в машинном коде. Обозначается параллельный порт как LTP, а аппаратно реализуется в виде 25-контактного разъема на задней панели системного блока.

Для подключения сканеров и цифровых камер обычно используется порт USB (Universal Serial Bus – универсальная последовательная шина), который обеспечивает высокоскоростное подключение к компьютеру сразу нескольких периферийных устройств. Клавиатура подключается обычно с помощью порта PS/2.

Системные платы классифицируются по форм-фактору. Форм-фактор материнской платы – стандарт, определяющий размеры материнской платы для персонального компьютера, места ее крепления к корпусу, расположение на ней интерфейсов шин, портов ввода/вывода, сокета центрального процессора и слотов для оперативной памяти, а также тип разъема для подключения блока питания.

Примерами обозначения форм-факторов могут быть:

- устаревшие: Baby-AT; Mini-ATX; полноразмерная плата AT; LPX;
- современные: ATX; microATX; Flex-ATX; NLX; WTX, SEB;
- внедряемые: Mini-ITX и Nano-ITX; Pico-ITX; BTX, MicroBTX и PicoBTX.

Центральный процессор – центральное вычислительное устройство, исполнитель машинных инструкций, часть аппаратного обеспечения компьютера или программируемого логического контроллера, отвечающая за выполнение операций, заданных программами.

В настоящее время используются многоядерные процессоры на одном или нескольких кристаллах.

Для повышения быстродействия используют так называемое кэширование. Кэширование – это использование дополнительной быстродействующей памяти (кэш-памяти) для хранения копий блоков информации из основной (оперативной) памяти, вероятность обращения к которым в ближайшее время велика.

Оперативная память – это рабочая область для процессора компьютера. В ней во время работы хранятся программы и данные. Оперативная память часто рассматривается как временное хранилище, потому что данные и программы в ней сохраняются только при включенном компьютере или до нажатия кнопки сброса (reset). Перед выключением или нажатием кнопки сброса все данные, подвергнутые изменениям во время работы, необходимо сохранить на запоминающем устройстве, которое может хранить

информацию постоянно (обычно это жесткий диск). При новом включении питания сохраненная информация вновь может быть загружена в память.

Устройства оперативной памяти иногда называют запоминающими устройствами с произвольным доступом. Это означает, что обращение к данным, хранящимся в оперативной памяти, не зависит от порядка их расположения в ней.

В современных компьютерах используются запоминающие устройства трех основных типов.

- ROM (Read Only Memory). Постоянное запоминающее устройство – ПЗУ, не способное выполнять операцию записи данных.

- DRAM (Dynamic Random Access Memory). Динамическое запоминающее устройство с произвольным порядком выборки.

- SRAM (Static RAM). Статическая оперативная память.

В памяти типа ROM данные можно только хранить. Именно поэтому такая память используется только для чтения данных. ROM также часто называется энергонезависимой памятью, потому что любые данные, записанные в нее, сохраняются при выключении питания.

Поэтому в ROM помещаются команды запуска персонального компьютера, т.е. программное обеспечение, которое загружает систему.

Основной код BIOS содержится в микросхеме ROM на системной плате, но на платах адаптеров также имеются аналогичные микросхемы. Они содержат вспомогательные подпрограммы базовой системы ввода-вывода и драйверы, необходимые для конкретной платы, особенно для тех плат, которые должны быть активизированы на раннем этапе начальной загрузки, например, видеоадаптер.

Динамическая оперативная память DRAM используется в большинстве систем оперативной памяти современных персональных компьютеров. Основное преимущество памяти этого типа состоит в том, что ее ячейки упакованы очень плотно, т.е. в небольшую микросхему можно упаковать много битов, а значит, на их основе можно построить память большой емкости.

Ячейки памяти в микросхеме DRAM – это крошечные конденсаторы, которые удерживают заряды. Именно так (наличием или отсутствием зарядов) и кодируются биты. Проблемы, связанные с памятью этого типа, вызваны тем, что она динамическая, т.е. должна постоянно регенерироваться, так как в противном случае электрические заряды в конденсаторах памяти будут «стекают» и данные будут потеряны.

Статическая оперативная память SRAM названа так потому, что, в отличие от динамической оперативной памяти, для сохранения ее содержимого не требуется периодической регенерации. Но это не единственное её преимущество. SRAM имеет более высокое быстродействие, чем динамическая оперативная память, и может работать на той же частоте, что и современные процессоры.

Однако для хранения каждого бита в конструкции SRAM используется кластер из шести транзисторов. Использование транзисторов без каких-либо конденсаторов означает, что нет необходимости в регенерации. Почему же тогда микросхемы SRAM не используются для всей системной памяти? Ответ прост. По сравнению с динамической оперативной памятью быстродействие SRAM намного выше, но плотность её гораздо ниже, а цена довольно высока. Более низкая плотность означает, что микросхемы SRAM имеют большие габариты, хотя их информационная ёмкость намного меньше. Все это не позволяет использовать память типа SRAM в качестве оперативной памяти в персональных компьютерах.

Жёсткий диск – энергонезависимое перезаписываемое компьютерное запоминающее устройство. Является основным накопителем данных практически во всех компьютерах. Жёсткий диск состоит из гермозоны и блока электроники. Гермозона включает в себя корпус из прочного сплава, собственно диски (пластины) с магнитным покрытием, блок головок с устройством позиционирования, электропривод шпинделя.

Блок головок – пакет рычагов из пружинистой стали (по паре на каждый диск). Одним концом они закреплены на оси рядом с краем диска. На других концах (над дисками) закреплены головки. Диски (пластины), как правило, изготовлены из металлического сплава. Хотя были попытки делать их из пластика и даже стекла, но такие пластины оказались хрупкими и недолговечными. Обе плоскости пластин, подобно магнитофонной ленте, покрыты тончайшей пылью ферромагнетика – окислов железа, марганца и других металлов. Точный состав и технология нанесения держатся в секрете.

Диски жёстко закреплены на шпинделе. Во время работы шпиндель вращается со скоростью несколько тысяч оборотов в минуту (4200, 5400, 7200, 10 000, 15 000). При такой скорости вблизи поверхности пластины создаётся мощный воздушный поток, который приподнимает головки и заставляет их парить над поверхностью пластины. Форма головок рассчитывается так, чтобы при работе обеспечить оптимальное расстояние от пластины. Пока диски не разогнались до скорости, необходимой для «взлёта» головок, парковочное устройство удерживает головки в зоне парковки. Это предотвращает повреждение головок и рабочей поверхности пластин. Устройство позиционирования головок состоит из неподвижной пары сильных, как правило неодимовых, постоянных магнитов и катушки на подвижном блоке головок.

Блок электроники обычно содержит: управляющий блок, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), буферную память, интерфейсный блок и блок цифровой обработки сигнала.

Интерфейсный блок обеспечивает сопряжение электроники жёсткого диска с остальной системой.

Блок управления представляет собой систему управления, принимающую электрические сигналы позиционирования головок, и вырабатывающую управляющие воздействия приводом типа «звуковая

катушка», коммутации информационных потоков с различных головок, управления работой всех остальных узлов (к примеру, управление скоростью вращения шпинделя).

Блок ПЗУ хранит управляющие программы для блоков управления и цифровой обработки сигнала, а также служебную информацию винчестера.

Буферная память сглаживает разницу скоростей интерфейсной части и накопителя (используется быстродействующая статическая память). Увеличение размера буферной памяти в некоторых случаях позволяет увеличить скорость работы накопителя.

Блок цифровой обработки сигнала осуществляет очистку считанного аналогового сигнала и его декодирование (извлечение цифровой информации).

Сетевая плата (адаптер) – периферийное устройство, позволяющее компьютеру взаимодействовать с другими устройствами сети.

Звуковая карта – плата, которая позволяет работать со звуком на компьютере. В настоящее время звуковые карты бывают как встроенными в материнскую плату, так и отдельными платами расширения или как внешними устройствами.

Видеокарта (видеоадаптер) –устройство, преобразующее изображение, находящееся в памяти компьютера, в видеосигнал для монитора.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Запустить программу Everest на тестируемом компьютере и с помощью мастера отчетов (меню «Отчёт») сформировать отчет об аппаратном обеспечении.
2. Заполнить табл. 1.

Таблица 1

№	Наименование компонента системного блока или характеристика	Найденное обозначение или характеристика
1	Тип ЦП, частота	
2	Тип системной платы, форм-фактор	
3	Чипсет системной платы	
4	Тип жесткого диска, объем	
5	Тип сетевого адаптера	
6	Тип видеоадаптера	
7	Тип звукового адаптера	
8	Разъемы ОЗУ	
9	Разъемы расширения системной платы	
10	Объем кэш-памяти процессора	

### **Контрольные вопросы:**

1. Назначение и компоненты системной платы.
2. Что такое северный мост? Его назначение.
3. Что такое южный мост? Его назначение.
4. Что такое форм-фактор материнской платы?
5. Назначение центрального процессора.
6. Что такое многоядерный процессор?
7. Что такое кэширование?
8. Оперативное запоминающее устройство. Его назначение.
9. Что такое энергозависимые и энергонезависимые запоминающие устройства?
10. Универсальная последовательная шина USB.
11. Шина ввода-вывода PCI и PCI-Express.
12. Шина AGP.
13. Видеокарта. Назначение и устройство.
14. Сетевой адаптер. Назначение, типы, параметры и функции.
15. Назначение и типы оптических приводов.
16. Жёсткий диск. Назначение и устройство.

### **Используемая литература:**

1. IEEE 1451-0. (2007). Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators (related parts of this standard referring to particular aspects of the interface are published separately as IEEE 1451-1, 1999, IEEE 1451-2, 1997, IEEE 1451-3, 2003, IEEE 1451-4, 2004, and IEEE 1451-5, 2007).

## 2-практическое занятие: Программируемый связной интерфейс (rsi)

**Цель работы:** Рассчитать параметры схемы и написать программу вывода.

Теоретические и справочные сведения.

Программируемый связной интерфейс или универсальный (синхронно-) асинхронный приемо-передатчик (У(С)АПП или U(S)ART) предназначен для организации обмена данными между МП и удаленными ВУ в последовательном формате. По этой причине УСАПП называют также последовательным интерфейсом (IOS). В качестве передатчика УСАПП преобразует параллельный код в последовательный и отправляет его в линию связи, а в качестве приемника осуществляет обратное преобразование. УСАПП может обмениваться данными с удаленными устройствами в симплексном (движение информации **в одном направлении**), полудуплексном (информация передается и принимается **в обоих направлениях, но поочередно**) и дуплексном режимах (обмен данными **в обоих направлениях одновременно**).

На рис. 2 приведено упрощенное условное обозначение УСАПП, схема его включения в микропроцессорную систему и типичная последовательность бит на входе приемника или выходе передатчика в асинхронном режиме работы. Микропроцессор на схеме не показан. Счетчик СТО таймера (мог быть и другой) обеспечивает требуемую скорость обмена данными.

Назначение некоторых выводов: TxD - выход передатчика, RxD – вход приемника, CLK - вход частоты синхронизации, TxС - вход синхросигнала передатчика, RxС - вход синхросигнала приемника, ~CTS - инверсный вход готовности приемника терминала (удаленного устройства, в том числе такого же приемопередатчика или модема).<sup>26</sup>

В простых системах связи вход ~CTS можно жестко связать с "землей", уведомляя локальный передатчик, что удаленный приемник "всегда готов", а его действительная готовность к приему - это забота программиста или оператора! Если используется стандартный протокол связи, например, RS-232C, то вход ~CTS должен быть отсоединен от нулевого провода. C/~D - функциональный вход "управление/данные". Если C/~D = 0, то МП и УСАПП обмениваются байтом данных, если C/~D = 1, то происходит запись байта управления или чтение байта состояния. Назначение остальных выводов РСІ аналогично назначению соответствующих выводов РРІ. Приведенных на рис.2 выводов достаточно для реализации связи с не очень удаленными объектами, например с компьютером или с другими МП.

---

<sup>26</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 288 p.



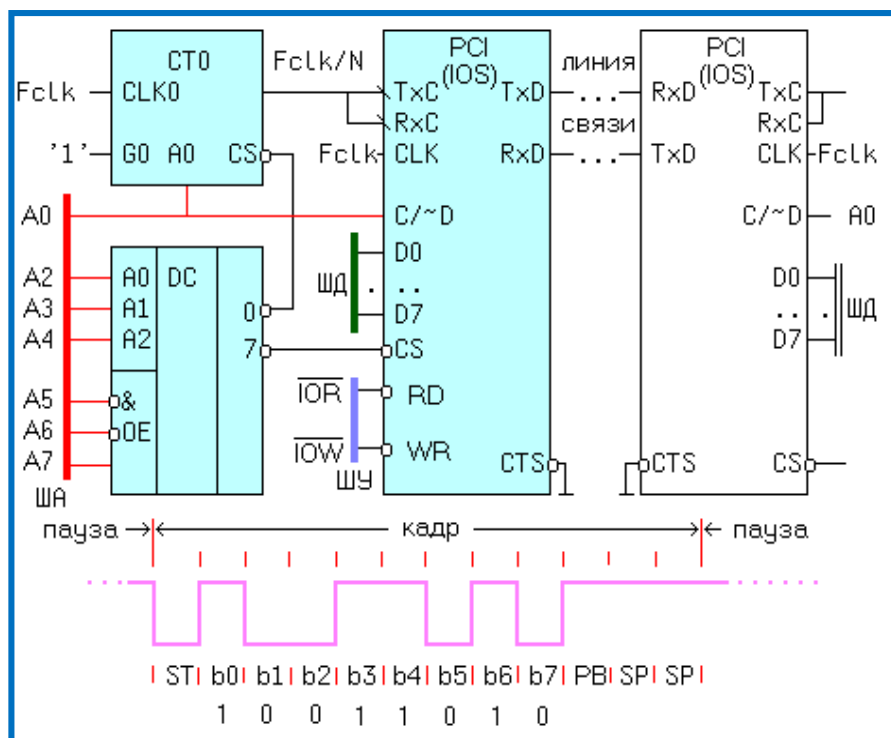


Рис.2 Схема подключения PCI

Из приведенного рис.2 нетрудно вычислить адреса PCI. Для нулевого выхода дешифратора, подключенного к входу таймера "выбор микросхемы" адреса уже найдены. Активизация инверсного входа  $\sim CS$  УСАПП производится подачей сигналов  $A4, A3, A2 = 111(\text{BIN}) = 7(\text{DEC})$  и разрешающих работу дешифратора сигналов  $A7, A6, A5 = 100(\text{BIN})$ . В таблице приведены два из четырех возможных адресов PCI (линия  $A1$  в схеме не используется, поэтому можно выбрать любое значение, например  $A1 = 0$ ).

ЛИНИИ ШИНЫ АДРЕСА							A0	ДАННЫЕ / РЕГИСТР УПРАВЛЕНИЯ (CSR)	АДРЕС (HEX)
A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1			
1	0	0	1	1	1	x	0	Адрес порта данных	9C
1	0	0	1	1	1	x	1	Адрес порта CSR	9D

Одним из наиболее распространенных режимов работы УСАПП является асинхронный режим. В этом режиме каждый передаваемый (принимаемый) символ (кадр) содержит следующие поля:

- обязательный стартовый бит, на рисунке обозначен ST, всегда равен нулю,
- 5..8 информационных бит,
- необязательный бит контроля четности/нечетности PB,
- 1..2 стоп-бита SP. Кадры следуют непрерывно или отделяются паузами. Информационные биты передаются начиная с младших разрядов. На рис.2. передается/принимается код 01011001, а не 10011010.

УСАПП программируется записью в него байта управления, который может быть двух типов:

- инструкция режима,
- команда управления.

### Формат инструкции режима

Инструкция режима задает режим синхронизации, формат данных, скорость обмена, необходимость контроля. Ниже в табл. 2 приведен формат инструкции режима.



D7	D6	Число стоп-бит	Вид контроля	D5	D4
0	0	Запрет	Нет контроля	0	0
0	1	1 стоп-бит	Контроль нечетности	0	1
1	0	"полтора" стоп-бита	Нет контроля	1	0
1	1	2 стоп-бита	Контроль четности	1	1

D3	D2	Число информационных бит	Частота синхронизации	D1	D0
0	0	5	$f_{TxC(RxC)} / 1$	0	1
0	1	6	$f_{TxC(RxC)} / 16$	1	0
1	0	7	$f_{TxC(RxC)} / 64$	1	1
1	1	8			

- Биты D7, D6 определяют число стоп-бит в каждом кадре, причем "полтора бита" обозначают длительность в полтора тактовых интервала. Обычно для экономии времени используется один стоп бит.

- Длительность тактового интервала  $(f_{TxC(RxC)}/x)$ -1сек задают биты D1, D0. Частота  $f_{TxC}$  или  $f_{RxC}$  - частота сигнала на одноименных входах TxC и RxC приемопередатчика должна быть по справочнику меньше или равной  $f_{CLK}/(4.5)$ . Внутри УСАПП может быть дополнительно поделена в 16 или 64 раза. Частота  $f_{TxC(RxC)}/x$  определяет скорость передачи в Бодах (baud) или битах в секунду (bps). Для УСАПП обе скорости совпадают. В асинхронном режиме комбинация D1, D0 = 01 недопустима. Максимальную скорость обмена данными нетрудно вычислить. Пусть  $f_{CLKMax} = 2МГц$ , тогда  $f_{TxC(RxC)} = f_{CLK}/4.5 = 444444,44Гц$ . В асинхронном режиме дополнительный коэффициент деления должен быть не менее 16-ти (см. инструкцию режима). Поэтому максимальная скорость обмена равна  $444444,44Гц / 16 = 27777$  бит в секунду.

- Число информационных бит в кадре определяется битами D3, D2 инструкции режима.

- Биты D5, D4 задают вид контроля правильности передачи. Если производится контроль четности, то УСАПП-передатчик вычисляет "сумму по модулю два" информационных бит и полученный бит суммы вставляет в передаваемый кадр в качестве бита контроля четности. УСАПП-приемник

снова вычисляет "сумму по модулю два" информационных бит и, если значение принятого и вычисленного бита контроля совпадают - делается вывод об отсутствии искажений при передаче по линии связи. Этот метод позволяет выявлять только нечетное число искажений бит информации и самого бита контроля, поэтому обычно контроль четности/нечетности не применяется и длина кадра уменьшается на один тактовый интервал. В современных устройствах связи применяются более сложные методы контроля правильности передачи (подсчет контрольной суммы, контроль с помощью циклического избыточного кода - CRC, передача с подтверждением приема и др.).

### Формат команды управления

Ниже в табл. 2 приведены некоторые биты команды управления

Таблица 2

Разряд	Обозначение	НАЗНАЧЕНИЕ КОМАНДЫ
D0	TxEN	Разрешение работы УСАПП в качестве передатчика, D0=1
D2	RxEN	Разрешение работы УСАПП в качестве приемника, D2=1
D4	ER	Сброс в "0" флагов ошибок, D4=1
D6	RESET	Программный сброс УСАПП в исходное состояние, D6=1

В процессе работы можно осуществлять контроль работы УСАПП путем чтения байта его состояния. Ниже в табл. 3 приведены некоторые наиболее употребительные в асинхронном режиме биты состояния УСАПП.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
		FE	OE	PE		RxRDY	TxRDY

Биты D5, D4, D3, называемые также флагами, устанавливаются (сбрасываются) приемником УСАПП сигнализируя:

- PE=1 (Parity Error), если УСАПП зафиксировал ошибку при контроле четности/нечетности,
- OE=1(Overrun Error), если была попытка считать в микропроцессор, передаваемый из линии в приемник код, до завершения его полной передачи,
- FE=1(Fra Me Error), если приемник не обнаружил стоп-бит(ы). Эта ошибка обычно возникает, если частота fTxС передатчика больше чем на 5% отличается от частоты fRxС приемника. Другой причиной м.б. неравенство информационных битов передатчика и приемника.

Бит RxRDY (Готовность приемника), если RxRDY=0, то приемник еще не преобразовал последовательный код в параллельный и считывать его в микропроцессор бессмысленно.

Бит TxRDY (Готовность передатчика) - если TxRDY=0, то передатчик еще не преобразовал параллельный код в последовательный и загрузка

следующего кода из МП в передатчик исказит текущее передаваемое значение.

8007	fd
8008	87
8009	9c
800a	88
800b	40
800c	55
800d	8a
800e	b8

Ниже приводится фрагмент программы передачи массива байтов, хранящихся в памяти. Начальный адрес массива символов - 8007(HEX). Передается 8 байтов: fd,87,9c,88,40,55,8a,b8. Адреса таймера 80,83 и УСАПП 9c,9d были получены ранее. Коэффициент деления частоты  $f_{CLK}(N0=5)>4.5$ . Программа написана на ассемблере для МП семейства 80x86.; ##### настройка и запуск делителя частоты `mov al,1eh`; СТ0,1 мл.байт, режим 3, код `VIN out 83h,al`; вывод байта упр. 1e в порт 83 `mov al,5` ; коэфф. деления частоты `Fclk N0=5 out 80h,al`; и запись его в СТ0 по адресу 80 ;##### настройка УСАПП .....`mov al,0`; эти 4 команды - недокументированная `out 9dh,al`; особенность УСАПП. После 3х команд `out 9dh,al`; OUT ..... приемопередатчик гарантированно `out 9dh,al`; ожидает команду управления, тут-то и подаем программный сброс! `mov al,40h`;программный сброс `D6=1 out 9dh,al`; `mov al,0cfh`;инструкция режима: 2 стоп-бита, `out 9dh,al` ;нет контроля,8 инф. бит, `fTxC(RxC) / 64 mov al,01h`;разрешение передачи `TxEN=1 out 9dh,al`; ##### передача массива символов `st: movdl, 8`; число передаваемых символов `mov bx,8007h`; начальный адрес блока `nxt: mov al, [bx]`; переслать текущий байт в AL `out 9ch,al`; и вывести его в УСАПП (в этот момент и начинается преобр. кода) `wt: in al,9dh`; чтение байта состояния `test al,1`; символ передан в линию? (`TxRDY=1?`), 1-маска для выделения `TxRDYjzwt`; если нет, то подождать, `incbx`; если да, перейти к адресу следующего байта `decdl`; переданы все байты? `jnzuxt`; если нет, то повторить вывод след. байта `jmpst`; если да, то выйти из цикла (и начать сначала). Эта команда позволяет получить периодическую осциллограмму, которую удобно наблюдать.

### ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получите вариант выполнения работы у преподавателя (физический адрес - "прог", адрес массива символов и их число, временную диаграмму номера двух выходов дешифратора).
2. Перепишите программу с ассемблера для МП 80x86 на ассемблер для УМК.
3. Введите изменения в некоторые численные значения программы в соответствии с заданием и заполните листинг.
4. Потребуйте у преподавателя подключить плату расширения с УСАПП и включить лабораторный стенд.
5. Введите из листинга в УМК коды программы.

6. Запустите программу (при необходимости исправьте ошибки). На экране осциллографа вы должны увидеть заданную временную диаграмму передаваемого кадра. Предъявите ее преподавателю.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение, состав и принцип действия PCI.
2. Объяснить работу схемы подключения USART к МП-системе.
3. Типовая последовательность битов в передаваемом кадре для асинхронного режима работы.
4. Расчет адресов портов ввода/вывода.
5. Назначение отдельных битов инструкции режима, команды управления и байта состояния УСАПП.
6. Уметь комментировать каждую команду программы передачи.

**Используемая литература:**

1. IEEE 1451-0. (2007). Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators (related parts of this standard referring to particular aspects of the interface are published separately as IEEE 1451-1, 1999, IEEE 1451-2, 1997, IEEE 1451-3, 2003, IEEE 1451-4, 2004, and IEEE 1451-5, 2007).

### **3-практическое занятие: Структурные модели надежности сложных систем**

Большинство технических систем являются сложными системами, состоящими из отдельных узлов, деталей, агрегатов, систем управления и т.п. Под *сложной системой* понимается объект, предназначенный для выполнения заданных функций, который может быть расчленен на элементы (компоненты), каждый из которых также выполняет определенные функции и находится во взаимодействии с другими элементами системы.

С позиций надежности сложная система обладает как отрицательными, так и положительными свойствами.

Факторы, отрицательно влияющие на надежность сложных систем, следующие:

- во-первых, это большое число элементов, отказ каждого из которых может привести к отказу всей системы;

- во-вторых, оценить работоспособность сложных систем весьма затруднительно с точки зрения статистических данных, т.к. они часто являются уникальными или имеются в небольших количествах;

- в-третьих, даже у систем одинакового предназначения каждый экземпляр имеет свои незначительные вариации свойств отдельных элементов, что сказывается на выходных параметрах системы. Чем сложнее система, тем большими индивидуальными особенностями она обладает.

Однако сложные системы обладают и такими свойствами, которые положительно

влияют на их надежность:

- во-первых, сложным системам свойственна самоорганизация, саморегулирование

или самоприспособление, когда система способна найти наиболее устойчивое для своего функционирования состояние;

- во-вторых, для сложной системы часто возможно восстановление работоспособности по частям, без прекращения ее функционирования;

- в-третьих, не все элементы системы одинаково влияют на надежность сложной системы.

Анализ работоспособности сложной системы связан с изучением ее структуры и тех взаимосвязей, которые определяют ее надежное функционирование.

При анализе надежности сложных систем их разбивают на элементы (компоненты) с тем, чтобы вначале рассмотреть параметры и характеристики элементов, а затем оценить работоспособность всей системы. Под элементом можно понимать составную часть сложной системы, которая может характеризоваться самостоятельными входными и выходными параметрами. При исследовании надежности системы элемент не расчленяется на составные части, и показатели безотказности и долговечности относятся к

элементу в целом. При этом возможно восстановление работоспособности элемента независимо от других частей и элементов системы.<sup>27</sup>

Анализ надежности сложных систем имеет свои специфические особенности. Влияние различных отказов и снижение работоспособности элементов системы по-разному скажутся на надежности всей системы.

При анализе надежности сложной системы все ее элементы и компоненты целесообразно разделить на следующие группы.

1) Элементы, отказ которых практически не влияет на работоспособность системы (деформация ограждающего кожуха машины, изменение окраски поверхности и т.п.). Отказы (т.е. неисправное состояние) этих элементов могут рассматриваться изолированно от системы.

2) Элементы, работоспособность которых за рассматриваемый период времени практически не изменяется (станины и корпусные детали, малонагруженные элементы с большим запасом прочности).

3) Элементы, ремонт или регулировка которых возможна при работе изделия или во время остановок, не влияющих на его эффективность (подналадка и замена режущего инструмента на станке, регулировка холостого хода карбюратора автомобильного двигателя).

4) Элементы, отказ которых приводит к отказам системы.

Таким образом, рассмотрению и анализу надежности подлежат лишь элементы последней группы. Как правило, имеется ограниченное число элементов, которые в основном и определяют надежность изделия. Эти элементы и подсистемы выявляются при рассмотрении структурной схемы параметрической надежности.

*Модели надежности* устанавливают связь между подсистемами (или элементами системы) и их влиянием на работу всей системы. *Структурная схема надежности* определяет функциональную взаимосвязь между работой подсистем (или элементов) в определенной последовательности. Эту схему составляют по принципу функционального назначения соответствующих подсистем (или элементов) при выполнении ими определенной части работы, выполняемой системой в целом. Техническая система может быть сконструирована таким образом, что для успешного ее функционирования необходима исправная работа всех ее элементов. В этом случае ее называют *последовательной системой*. Есть также системы, в которых при отказе одного элемента другой элемент способен выполнить его функции. Такую систему называют *параллельной*. Очень часто системы обладают свойствами как параллельных, так и последовательных систем — *системы со смешанным соединением*. При расчете надежности необходимо исследовать действия системы, основываясь на ее функциональной структуре и используя вероятностные соотношения.

---

<sup>27</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 305 p.

Такое исследование структуры позволяет выявить узкие места в конструкции системы с точки зрения ее надежности, а на этапе проектирования разработать конструктивные меры по устранению подобных узких мест. Например, можно заранее подсчитать, сколько резервных элементов необходимо для обеспечения заданного уровня надежности системы. Далее можно рассчитать надежность системы, построенной из элементов с известной надежностью, или наоборот, исходя из требования к надежности системы, предъявить требования к надежности элементов.

Рассмотрим систему, состоящую из двух или более элементов. Пусть  $A$  — событие, состоящее в том, что система работает безотказно. а  $A_i (i=1, 2, \dots, n)$  — события, состоящие в исправной работе всех ее элементов. Далее предположим, что событие  $A$  имеет место тогда и только тогда, когда имеют место все события  $A_i$ , т.е. система исправна тогда и только тогда, когда исправны все ее элементы. В этом случае систему называют *последовательной системой*.

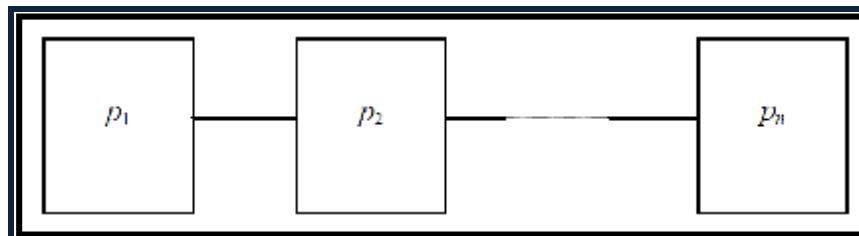


Рис. 3 Структурная схема надежности системы с последовательным соединением элементов

Известно, что отказ любого элемента такой системы приводят, как правило, к отказу системы. Поэтому вероятность безотказной работы системы определяют как произведение вероятностей для *независимых событий*.

Таким образом, надежность всей системы равна произведению надежностей подсистем или элементов.

Обозначив  $P(A) = P$ ;  $P(A_i) = p_i$ , получим

$$P = \prod_{i=1}^n p_i$$

где  $P$  — надежность.

Сложные системы, состоящие из элементов высокой надежности, могут обладать низкой надежностью за счет наличия большого числа элементов. Например, если узел состоит всего из 50 деталей, а вероятность безотказной работы каждой детали за выбранный промежуток времени составляет  $P_i = 0,99$ , то вероятность безотказной работы узла будет  $P(t) = (0,99)^{50} = 0,55$ .

Если же узел с аналогичной безотказностью элементов состоит из 400 деталей, то  $P(t) = (0,99)^{400} = 0,018$ , т.е. узел становится практически неработоспособным.



В практике проектирования сложных технических систем часто используют схемы с *параллельным соединением элементов* (рис. 2.), которые построены таким образом, что отказ системы возможен лишь в случае, когда отказывают все ее элементы, т.е. система исправна, если исправен хотя бы один ее элемент. Такое соединение часто называют *резервированием*. В большинстве случаев резервирование оправдывает себя, несмотря на увеличение стоимости. Наиболее выгодным является *резервирование отдельных элементов*, которые непосредственно влияют на выполнение основной работы. При конструировании технических систем в зависимости от выполняемой системой задачи применяют горячее или холодное резервирование.

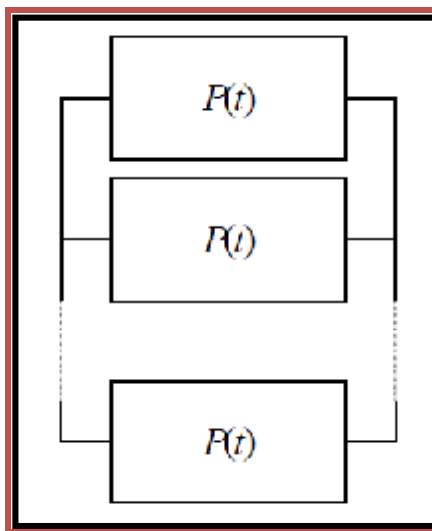


Рис.4 Структурная схема надежности системы с параллельным соединением элементов

*Горячее резервирование* применяют тогда, когда не допускается перерыв в работе на переключение отказавшего элемента на резервный с целью выполнения задачи в установленное время. Чаще всего горячему резервированию подвергают отдельные элементы. Используют горячее резервирование элементов и подсистем, например, источников питания (аккумуляторные батареи дублируются генератором и т.п.).

*Холодное резервирование* используют в тех случаях, когда необходимо увеличение ресурса работы элемента, и поэтому предусматривают время на переключение отказавшего элемента на резервный.

Существуют технические системы с *частично параллельным резервированием*, т. е. системы, которые оказываются работоспособными даже в случае отказа нескольких элементов.

Рассмотрим систему, имеющую ряд параллельных элементов с надежностью  $p(t)$  и соответственно ненадежностью  $q(t) = 1 - p(t)$ . В случае, если система содержит  $n$  элементов, которые соединены параллельно, вероятность отказа системы равна:

$$Q = [q(t)]^n,$$

а вероятность безотказной работы

$$P(t) = 1 - [q(t)]^n.$$

При частично параллельном резервировании вероятность безотказной работы системы, состоящей из общего числа элементов  $n$ , определяют по формуле:

$$P(t) = \sum_{k=j}^n C_n^k p^k(t) q^{n-k}(t),$$

где  $p(t)$  — вероятность безотказной работы одного элемента;  $j$  — число исправных элементов, при котором обеспечивается работоспособность системы;  $C_n^k$

$k = n!/[k!(n-k)!]$  - число сочетаний из  $n$  элементов по  $k$ .

В случае  $j = 1$  система будет полностью параллельной, в остальных случаях – частично параллельной.

Следует отметить, что в практике проектирования технических систем часто используют структурные схемы надежности с *параллельно-последовательным соединением* элементов. Так, например, часто при проектировании систем с радиоэлектронными элементами применяют схемы, работающие по принципу два из трех, когда работоспособность обеспечивается благодаря исправному состоянию любых двух элементов. Надежность такой схемы соединения определяют по формуле

$$P(t) = P^3(t) + 3P^2(t)q(t).$$

где  $p(t)$  — надежность каждого элемента за время работы  $t$  одинакова;  $q(t) = 1 - p(t)$ .

Широкое применение в проектировании нашли так называемые *мостиковые схемы*. Надежность такой схемы определяют из соотношения вида

$$P(t) = p^5(t) + 5p^4(t)q(t) + 8p^3(t)q^2(t) + 2p^2(t)q^3(t).$$

Здесь все элементы также имеют одинаковую надежность.

Различают структурные схемы надежности с поканальным и поэлементным резервированием. Структурная схема надежности с поканальным резервированием показана на рис. 3.

Формула надежности выглядит так:

$$P = [1 - (1 - p_{11} p_{12} \dots p_{1n})(1 - p_{21} p_{22} \dots p_{2n})(1 - p_{k1} p_{k2} \dots p_{nk})]$$

При  $p_{ij} = p_j$

$$P = 1 - (1 - p_1 p_2 \dots p_n)^k$$

Если  $p_{ij} = p$ , то

$$P = 1 - (1 - p^n)^k$$

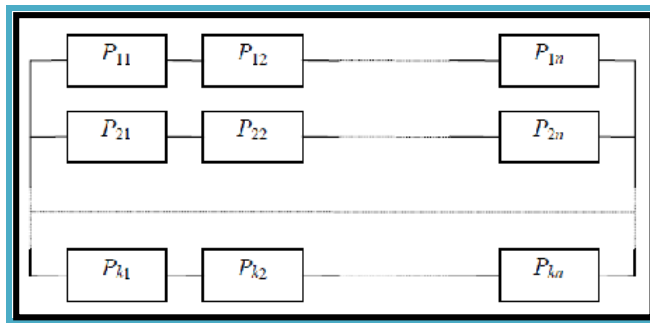


Рис.3 Структурная схема надежности с поканальным резервированием  
 В практике проектирования часто используют структурную схему надежности с поэлементным резервированием

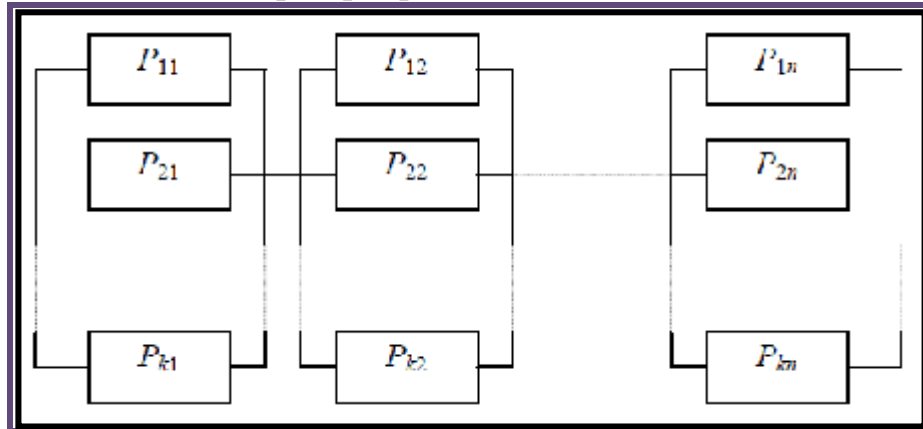


Рис.4. Надежность такой системы определяют по формуле:

$$P = [1 - (1 - p_{11})(1 - p_{21}) \dots (1 - p_{k1})][1 - (1 - p_{12})(1 - p_{22}) \dots (1 - p_{k2})] \dots [1 - (1 - p_{1n})(1 - p_{2n}) \dots (1 - p_{kn})].$$

При  $p_{ij} = p_j$

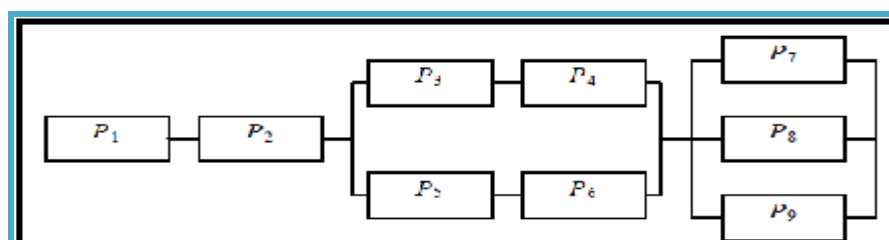
$$P = [1 - (1 - p)^k]^n.$$

Анализ последних двух схем показывает, что структурная схема с поэлементным резервированием имеет более высокую надежность по сравнению с поканальным резервированием.

**Пример 2.** Техническая система предназначена для выполнения некоторой задачи. С целью обеспечения работоспособности система спроектирована со смешанным соединением элементов (рис. 5).

Определить надежность системы, если известно, что надежность ее элементов равна:

$$p_1=0,99; p_2=0,98; p_3=0,9; p_4=0,95; p_5=0,9; p_6=0,9; p_7=0,8; p_8=0,75; p_9=0,7.$$



#### Рис.4 Структурная схема надежности технической системы

**Решение.** При расчете надежности воспользуемся формулами как для последовательного, так и для параллельного соединения элементов:

$$P = p_1 p_2 [1 - (1 - p_3 p_4)(1 - p_5 p_6)] [1 - (1 - p_7)(1 - p_8)(1 - p_9)] = \\ = 0,99 \cdot 0,98 [1 - (1 - 0,9 \cdot 0,95)(1 - 0,9 \cdot 0,9)] [1 - (1 - 0,8)(1 - 0,75)(1 - 0,7)] = 0,927.$$

При расчете схемной надежности данную систему представляют в виде структурной схемы, в которой элементы, отказ которых приводит к отказу всей системы, изображаются последовательно, а резервные элементы или цепи – параллельно. Следует иметь в виду, что конструктивное оформление элементов, их последовательное или параллельное соединение в конструкции еще не означает аналогичного изображения в структурной схеме надежности.

#### Контрольные вопросы:

1. Какие схемы используют в практике проектирования сложных технических систем?
2. Что такое модели надежности?
3. Какой анализ проводится при расчёте надежности сложной системы?

#### Список литературы:

1. Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 305 p.
2. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2007, 278 с.

#### 4-практическое занятие:

##### Изучение процесса ввода информации с датчиков

**Цель работы:** Практически исследовать процесс ввода информации с датчиков.

**Оборудование:** ПК, ПО.

**Методические указания по выполнению практической работы:**

Последовательность выполнения работы:

1. Изучить и законспектировать основные теоретические положения по теме, используя описание работы;

2. Выполнить практическую часть лабораторной работы. При этом использовать описание работы, лабораторный блок ПК, иллюстративный материал; В практической части отработать следующие подразделы:

- **Рассмотреть** процесс ввода информации с датчиков

- **Выполнить** законспектировать в тетради процесс ввода информации с датчиков и отразить в отчёте

- **Проанализировать** процесс ввода информации с датчиков; сделать выводы.

1. Ответить на контрольные вопросы.

2. Сделать выводы.

3. Подготовить отчёт по установленной форме.
4. Представить отчёт для защиты преподавателю.

## 1 Основные теоретические положения

### Датчики

Датчики создают так называемое «окно», через которое микропроцессорные системы наблюдают за внешним миром. Рассмотрим различные типы датчиков, их применение и возможность сопряжения с микропроцессорами.

### Температурные датчики

Такую характеристику внешней среды, как температура приходится измерять довольно часто.

Ход многих производственных процессов, от выплавки стали до производства полупроводников, зависит от температуры.

Некоторые электронные приборы нуждаются в измерении собственной температуры:

- персональные компьютеры, например, отслеживают температуру процессоров,
- контроллеры двигателей должны знать температуру ИС драйверов и т. д.
- мы, тоже измеряем температуру своего тела...

Во всех перечисленных примерах температуру измеряют температурные датчики.<sup>28</sup>

### Терморезисторы

**Терморезистор** – это температурный датчик, сопротивление которого зависит от температуры.

**Термисторами** называются терморезисторы с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления то есть сопротивление таких терморезисторов растет с падением температуры.

**Позисторами** или кремниевыми датчиками температуры, по названию технологии их изготовления, называется другая группа терморезисторов с положительным температурным коэффициентом сопротивления имеющим прямо пропорциональную зависимость от температуры.

Из всех пассивных температурных датчиков, **терморезисторы обладают наибольшей чувствительностью** (изменение сопротивления на градус изменения температуры). Однако зависимость сопротивления от температуры у терморезисторов — **нелинейная**.

### Резистивные температурные датчики

**Резистивный температурный датчик (РТД)** относится к металлическим термометрам сопротивления и представляет собой просто

---

<sup>28</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 325 p.

кусочек металлической проволоки, изменяющий свое сопротивление в зависимости от температуры.

Типичными материалами для РТД являются:

- медь,
- платина,
- никель и
- сплав железо-никель.

Конструктивно элемент РТД может быть проволочным или пленочным, нанесенным или напыленным на подложку, например, из керамики.

В спецификации сопротивление РТД обычно дано при 0°C. Типичный платиновый РТД, имеющий сопротивление 100 Ом при 0°C, имел бы сопротивление 100.39 Ом при 1°C и 119.4 Ом при 50°C.

РТД имеют точность выше, чем у терморезисторов. Типичные погрешности РТД следующие:

при использовании платины — 0.01,..0.03%;

при использовании меди — 0.2%;

при использовании никеля и сплава железо-никель — 0.5%.

С учетом большей точности РТД и меньшего сопротивления, схемы подключения РТД к ОУ практически такие же, как и для терморезисторов.

### **Термопары**

Температурный датчик на основе термопары образуется сварным соединением (спаем) двух различных металлов. Томас Зеебек в 1821 году обнаружил термоэлектрический эффект, названный в его честь эффектом Зеебека} когда в месте между «горячим» и «холодным» спаем металлов с разными температурами возникает термо-ЭДС с небольшой разностью потенциалов (порядка нескольких мВ), которую можно измерить милливольтметром.

Величина возбуждаемого напряжения зависит оттого, какие металлы соединены.

Для образования термопар существует три наиболее распространенных комбинации металлов:

1. железо-константан (тип J),
2. медь-константан (тип T)
3. и хром-алюминий (тип K).

Напряжение, образуемое термопарой, имеет очень малую величину, обычно несколько милливольт. Напряжение термопары типа К изменяется всего на 40 мкВ на градус Цельсия.

Такие малые изменения напряжений термопары требуют прецизионных измерений: для обеспечения точности измерения температуры 0.1 °C требуется точность измерения напряжения порядка 4 мкВ.

С другой стороны, поскольку любые два разных металла образуют термопару при соединении, то точка соединения термопары с измерительной системой также будет иметь свойства термопары в месте их соединения из-за разницы температур, измеряемой термопары и температуры окружающей

среды. Место соединения (колодка) начинает нагреваться и образует паразитную термопару из материала колодки и медных проводников, подсоединенных к ней. Под медными проводниками подразумеваются не только медные провода, но и медные дорожки печатной платы.

Данный эффект может быть сведен к минимуму размещением соединений в изотермическом блоке, выполненном из теплопроводного материала (см. Рис.1). Материал с высокой теплопроводностью снижает разность температур между точками соединения, уменьшая тем самым ошибку, вводимую местом соединения проводников. Распространенный способ компенсации температурной зависимости изотермического блока — это размещение в блоке полупроводникового диода и измерение на нем падения напряжения.

Для усиления крайне малого сигнала термопары в десятые доли вольт **необходим операционный усилитель**, и обычно используется инструментальный усилитель в дифференциальном включении.

Коэффициент усиления такого типа ОУ находится в диапазоне 100...300, и любой шум, воздействующий на термопару, будет усилен во столько же раз. Такое включение инструментальных усилителей значительно снижают синфазные помехи проводов термопары и усиливает только сигналы термопары. Правда, полностью снизить в реальных условиях синфазные помехи не удастся и синфазная помеха «просачивается» на выход усилителя, который ослабляет помеху с определенным коэффициентом ослабления синфазных помех (КОСС).

КОСС определяют в дБ. Инструментальные усилители по отношению к другим типам ОУ имеют повышенный КОСС.

Фирма **Analog Devices** выпускает специализированные усилители сигнала термопары типа **J**, такие как AD594/595. ИС AD594/595 не использует внешний

p-n переход для компенсации изотермического соединения, вместо этого, в са-мой микросхеме предусмотрено биметаллическое соединение, компенсирующее температурную зависимость соединения термопары с усилителем.

ИС проводит измерения в температурном диапазоне 0...300°C. Для наилучшей компенсации соединение проводов термопары с входом усилителя должно быть выполнено на плате как можно ближе к выводам микросхемы.

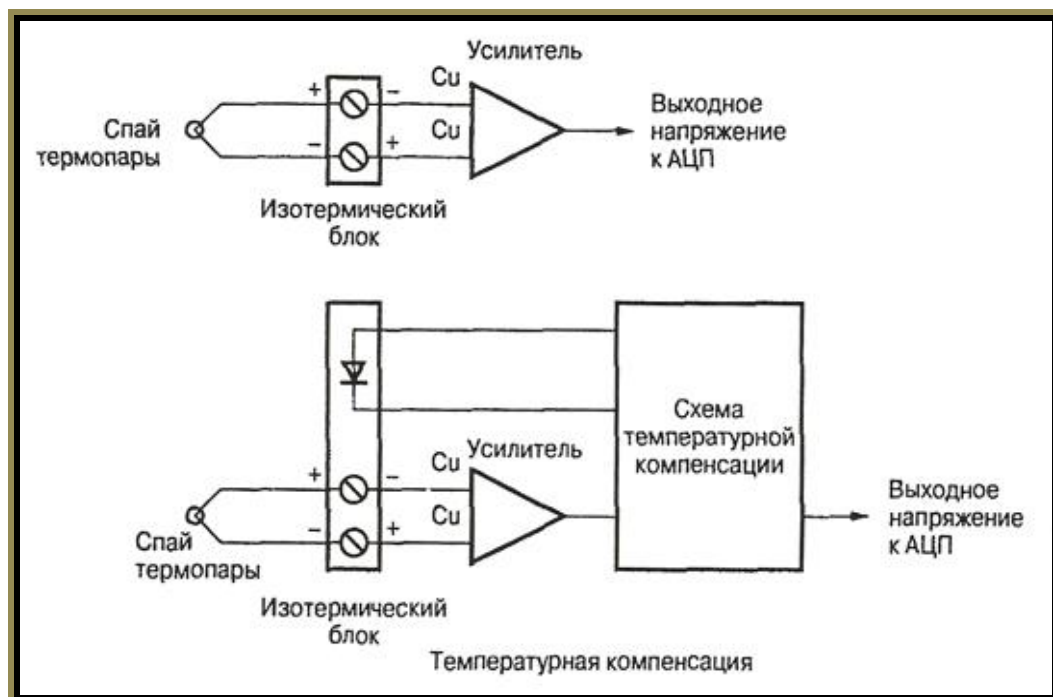


Рис. 1 Термопара

Усиленный сигнал термопары, как и терморезистора, необходимо масштабировать, чтобы соответствовать входному диапазону АЦП.

Термопары относительно линейны в ограниченном диапазоне температур, однако если диапазон измерений достаточно широк, для компенсации нелинейностей понадобится дополнительное программное обеспечение.

Зависимость напряжения термопары от температуры в этом случае можно будет представить **полиномом**, почти так же, как и зависимость сопротивления терморезистора от температуры.

### Полупроводниковые температурные датчики

В качестве простейшего полупроводникового датчика температуры может использоваться, например, р-п переход диода или транзистора.

Если поддерживать постоянным ток через смещенный в прямом направлении кремниевый р-п -переход, прямое падение напряжения будет меняться на 1.88 мВ с каждым градусом Цельсия.

По этому принципу работает ИС MAX1617 фирмы MAXIM/Dallas, которая измеряет температуру с использованием прямо смещенного р-п перехода внешнего транзистора, например типа 2N3904.

Транзистор может быть дискретным элементом вне микросхемы, а может входить в состав ИС. Выход микросхемы MAX1617 имеет последовательный интерфейс SMBus.

ИС ICLM335 (Рис. 2) от фирмы **National Semiconductor** формирует на выходе напряжение, пропорциональное температуре. Изменение выходного напряжения равно 10 мВ на градус Цельсия. При 0°C выходное напряжение составляет 2.73В, а при 100°C составляет 3.73В. ИС LM335 потребляет ток от 0.4 до 5 мА.





попадая в щель, блокирует свет, когда дверь закрывается. Механическая компьютерная мышь также использует щелевые оптроны.

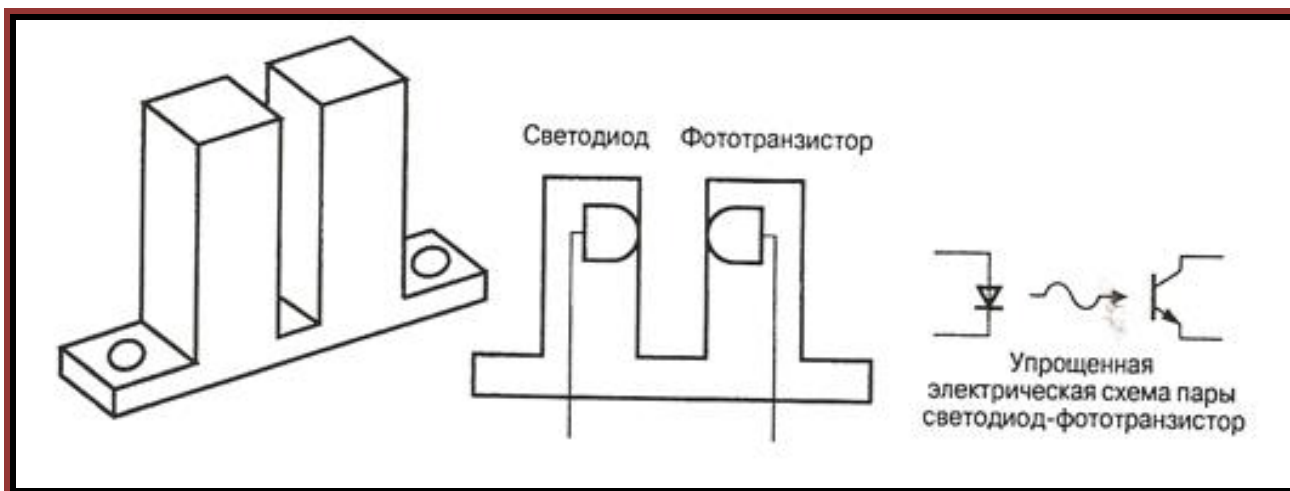


Рис. 3 Оптический датчик — щелевой оптрон

### Отражательный оптрон

На рис. 4 показан другой тип оптического датчика — отражательный оптрон (reflective sensor). Принцип работы этого датчика такой же, как и щелевого, с той разницей, что фототранзистор собирает отраженный, а не прямой свет.

Большинство датчиков отражения характеризуются фокусным расстоянием— оптимальным расстоянием, на котором должен быть размещен отражающий объект от датчика. Это расстояние составляет обычно величину 0.254...1.270 см (от 0.1 до 0.5 дюйма). Типичное применение отражательных оптронов—это регистрация вращения двигателя по нанесенным на его ось темным меткам.

Поскольку фототранзистор довольно медленнодействующий оптический прибор, то данное обстоятельство ограничивает максимальную скорость регистрации.

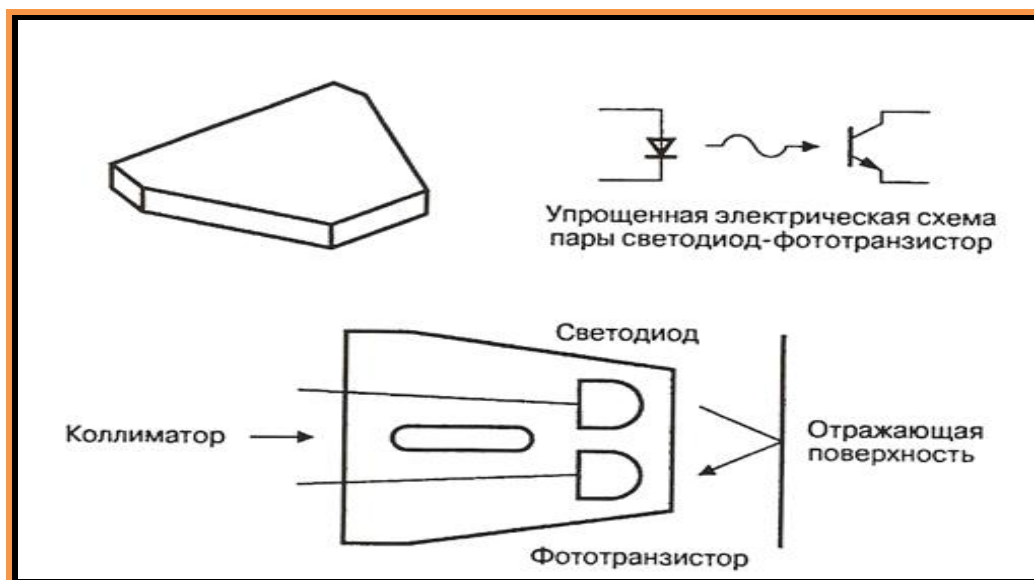


Рис. 4 Оптический датчик — отражательный оптрон

Типичное время включения фототранзистора 8 мкс, а выключения 50 мкс. Эти временные параметры определяются скоростью носителей под действием света в переходе база-эмиттер транзистора.

#### **Коэффициент усиления по току**

Оптопара светодиод-фототранзистор имеет ограниченный коэффициент усиления, обычно меньше единицы. Отношение тока, протекающего в коллекторе фототранзистора к току через светодиод, называется коэффициентом передачи по току, КПТ (Current transfer Ratio CTR).

Типичное значение КПТ для щелевых оптронов составляет 0.1. Это значит, что при токе 10 мА, протекающем через светодиод, ток коллектора фототранзистора составит 1 ма

#### **Управление несколькими датчиками**

В некоторых системах можно обеспечить управление несколькими датчиками с помощью одного АЦП или цифрового входа. На Рис.5 четыре оптических датчика подключены к одному входу микропроцессора.

Каждый светодиод имеет отдельный выход. Это может быть отдельный бит порта или отдельный регистр.

На рисунке показана 8-битная защелка регистра с четырьмя используемыми битами, которые управляют включением или выключением четырех светодиодов оптопар.

Эмиттеры всех фототранзисторов оптопар заземлены, а коллекторы объединены вместе и подключены через общую нагрузку к +5 В. С общей коллекторной нагрузки снимается сигнал и подается на входы микропроцессора или АЦП.

Для функционирования данной цепи светодиод каждого оптического датчика включается в определенный промежуток времени (мультиплексирование по времени), и считывается сигнал с общего вывода (если исполь-

зуется АЦП, то выполняется преобразование сигнала подключенного светодиода).

После каждого считывания включается очередной светодиод. Данный принцип накладывает следующие ограничения:

- каждый светодиод должен быть включен длительное время перед считыванием, чтобы фототранзистор перешел в установившийся режим.
- после выключения светодиода следующее считывание не должно производиться до тех пор, пока фототранзистор не выключится. Но следующий светодиод может быть включен, после того как прочитан результат. Если не производится считывания два светодиода вполне могут работать одновременно.
- из-за собственной утечки число включенных параллельно фототранзисторов должно быть ограничено.
- если на фототранзисторы падает окружающий свет, то результат считывания будет недостоверным.

Во многих моделях современных микроконтроллеров АЦП присутствует в виде периферийного устройства. Как правило, АЦП реализованные в виде отдельной ИМС обладают более высокими показателями разрешающей способности и быстродействия, но при этом усложняется реализация обмена данными между АЦП и вычислительным устройством (требуется использование программной или аппаратной реализации последовательного или параллельного интерфейсов обмена данными). Для измерения температуры с заданной точностью вполне достаточно интегрированного АЦП. Поэтому наличие АЦП будет являться одним из критериев выбора микроконтроллера управляющего устройства (Рис 5).

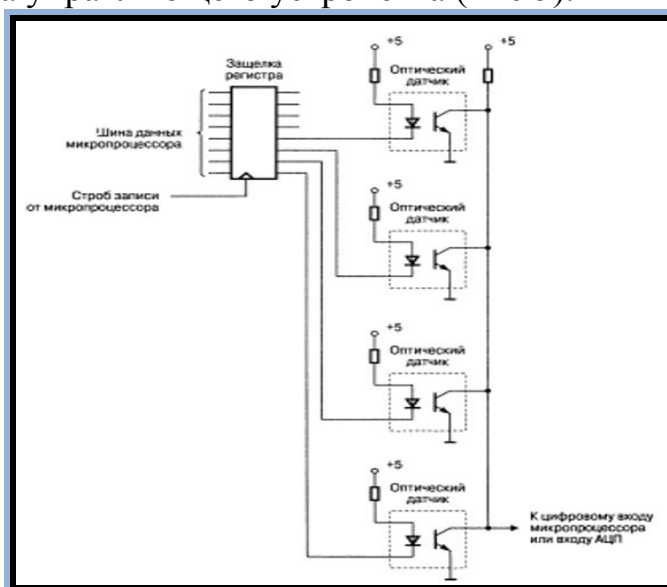


Рис. 5 Несколько оптронов с общим выходом

При работе микроконтроллера с датчиками, имеющими механические или электромеханические контакты (кнопки, клавиши, реле, клавиатуры и т.д.), возникает явление, называемое **дребезгом контактов**.

Оно заключается в том, что при замыкании контактов происходит их отскок, под действием сил упругости, обратное соединение, повторный отскок и т.д. Это приводит к переходному процессу, при котором сигнал с контакта может быть прочитан как случайная последовательность нулей и единиц (рис.6).

Подавить это нежелательное явление можно аппаратными либо программными способами.

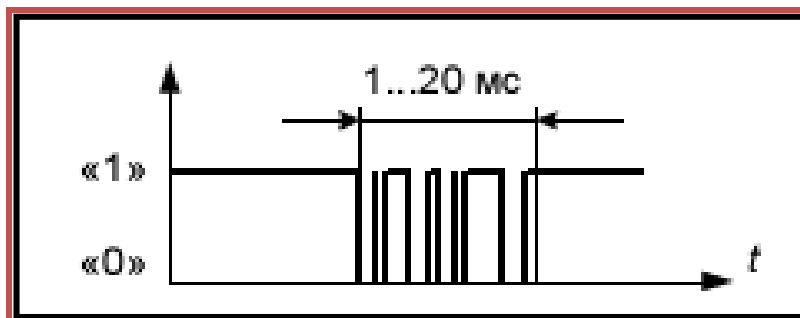


Рис. 6 К пояснению эффекта дребезга контактов

Аппаратные способы заключаются в использовании схемы одновибратора (рис. 7, а), или фильтра нижних частот (рис.7, б) для сглаживания пульсаций, следующих с периодом меньшим, чем постоянная времени фильтра (RC-цепочки)

$$\tau = RC .$$

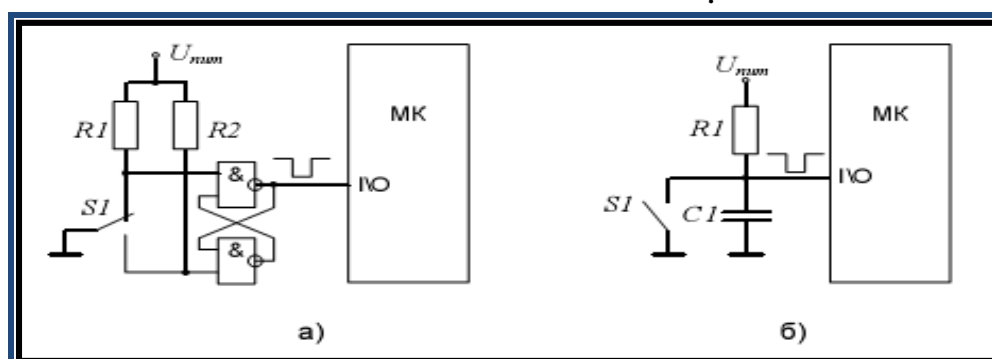


Рис. 7 Способы аппаратного подавления дребезга контактов

Среди программных способов наибольшее распространение получили два:

- 1) подсчет заданного числа совпадающих значений сигнала;
- 2) временная задержка.

Суть первого способа заключается в многократном считывании сигнала с контакта. Подсчет удачных опросов (т.е. опросов, обнаруживших, что контакт замкнут) ведется программным счетчиком. Если после серии удачных опросов встречается неудачный, то подсчет начинается сначала. Контакт считается устойчиво замкнутым (дребезг устранен), если последовало N удачных опросов. Число N подбирается экспериментально для каждого типа используемых датчиков и лежит в пределах от 10 до 100.

Устранение дребезга контактов путем введения временной задержки заключается в том, что программа, обнаружив замыкание контакта,

запрещает опрос состояния этого контакта на время, заведомо большее длительности переходного процесса.

Время задержки подбирается экспериментально для каждого типа датчиков в пределах 1...20 мс и реализуется обычно с помощью одного из таймеров \ счетчиков.

Для системы терморегулирования остановимся на способе подавления дребезга контактов с использованием RC-цепочки, так как он требует минимальных аппаратных затрат и не усложняет программной реализации процедур обработки нажатия клавиш.

Электрическая принципиальная схема подключения клавиатуры к микроконтроллеру приведена на рис. 8.

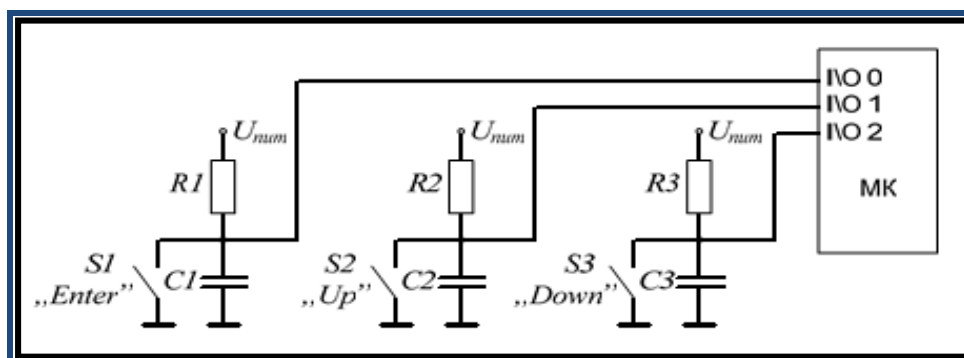


Рис. 8 Схема подключения клавиатуры к микроконтроллеру управляющего устройства

Выбор микроконтроллера системы регулирования температуры. В качестве микроконтроллера системы регулирования может быть использован один из 8-битных микроконтроллеров, широко применяемых в настоящее время для решения подобного рода задач.

Выбор микроконтроллера для реализации управляющих функций системы регулирования является вопросом неоднозначным, имеющим несколько вариантов решения.

Основными характеристиками, которые при этом принимаются во внимание, являются:

- производительность, MIPS (MIPS – Million Instructions per Second – миллион инструкций в секунду);
- количество линий ввода/вывода;
- состав периферийных блоков;
- тактовая частота, МГц;
- энергопотребление, мВт/МГц;
- цена.

**Пример выполнения схемы терморегулирования на оптронах (рис.9)**

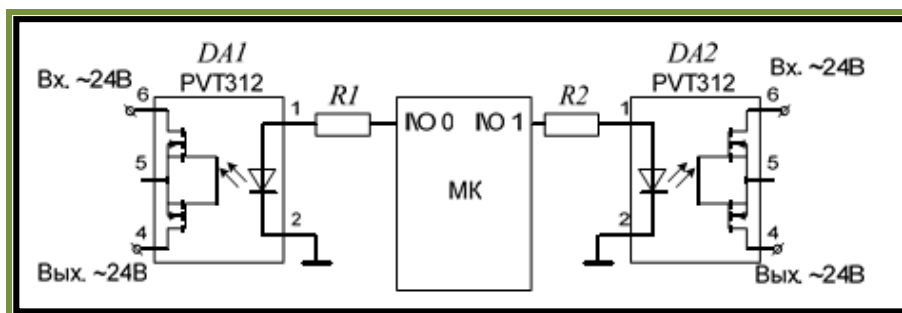


Рис. 9 Схема подключения оптронов

Для увеличения динамического диапазона сигнала температурных датчиков системы терморегулирования в каждом канале измерения использованы масштабирующие усилители (рис.10).

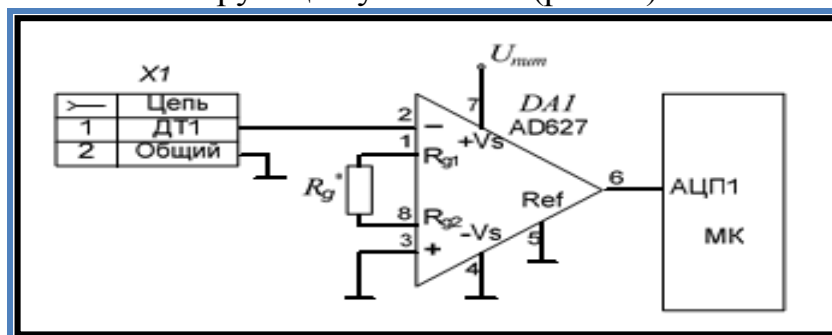


Рис. 10 Схема входного усилителя терморегулятора

Для усиления малых дифференциальных сигналов (сигналы с выхода термопар), к которым могут быть примешаны большие синфазные помехи применяются инструментальные усилители

### Контрольные вопросы:

1. Что такое дребезг контактов?
2. Какие способы применяют для подавления дребезга контактов?
3. В каких случаях и для чего применяются масштабируемые усилители ?
4. Какой тип АЦП лучше применять в схемах терморегулирования?
5. Перечислите критерии выбора для микроконтроллера, реализующего функции управления в системах регулирования?

### Используемая литература:

IEEE 1451-0. (2007). Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators (related parts of this standard referring to particular aspects of the interface are published separately as IEEE 1451-1, 1999, IEEE 1451-2, 1997, IEEE 1451-3, 2003, IEEE 1451-4, 2004, and IEEE 1451-5, 2007).

### 5-практическое занятие:

#### Создание виртуальных приборов в системе LabVIEW

**Цель работы.** Получение практических навыков работы в системе Labview на примере создания виртуального прибора VI.

**Краткие теоретические сведения и методические указания.** Опишем основные концепции построения системы Labview. Labview (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) – это среда разработки и платформа для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования «G» фирмы National Instruments (США). Первая версия Labview была выпущена в 1986 году для Apple Macintosh, в настоящее время существуют версии для UNIX, GNU/ Linux, Mac OS и пр., а наиболее развитыми и популярными являются версии для Microsoft Windows.

Labview используется в системах сбора и обработки данных, а также для управления техническими объектами и технологическими процессами. Идеологически Labview очень близка к SCADA-системам, но в отличие от них в большей степени ориентирована на решение задач не столько в области АСУ ТП, сколько в области АСНИ.

Графический язык программирования «G», используемый в Labview, основан на архитектуре потоков данных. Последовательность выполнения операторов в таких языках определяется не порядком их следования (как в императивных языках программирования), а наличием данных на входах этих операторов. Операторы, не связанные по данным, выполняются параллельно в произвольном порядке.

В основе программирования в LabVIEW лежит понятие Виртуальных приборов (Virtual Instruments, VI). На лицевой панели, как и положено, располагаются элементы управления программой – кнопки, графики, выключатели и тому подобное. Блок-схема – это, по сути, и есть сама программа. При написании (а вернее создании, потому что писать приходится не так уж и много) программы используется такое понятие, как «поток данных» (DataFlow). Суть его в том, что все элементы программы, представленные графически, связываются между собой связями – проводами, нитками, по которым и происходит передача данных (рис. 3).<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 130 p.



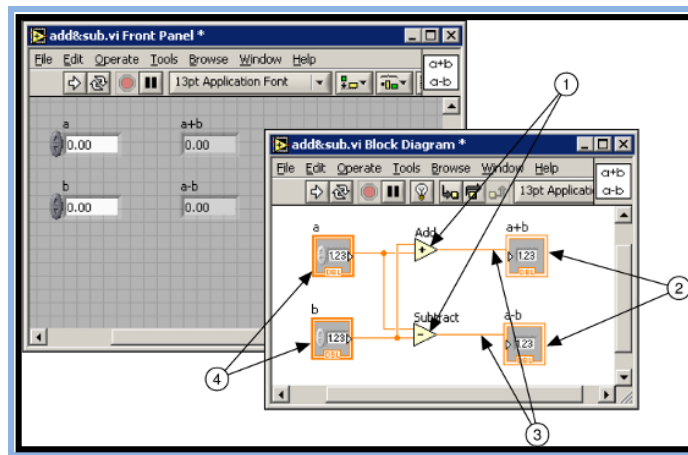


Рис. 33. Простейший прибор.

Цифрами обозначены:

- Точки, элементы программы (Nodes);
- Терминалы индикаторов (Indicator Terminals);
- Связи (Wires);
- Терминалы управляющих элементов (Control Terminals).

В Labview создаётся пользовательский интерфейс (лицевая панель) с управляющими элементами и индикаторами. Управляющие элементы – это тумблеры, кнопки, поля ввода и прочие устройства ввода. Индикаторы – это графики, шкалы, лампочки, текстовые поля и т.д. После создания пользовательского интерфейса, добавляется программный код, который управляет объектами на лицевой панели. Этот код содержится в схеме (block diagram). Этот код напоминает собой блок-схему, хотя имеются и отличия.

Labview можно использовать для того, чтобы управлять различным оборудованием, таким, как, устройства сбора данных, различные датчики, устройства наблюдения, а так же GPIB, PXI, VXI, RS-232 и RS-484 устройства. В Labview имеются встроенные средства для подключения созданных программ к сети – LabviewWebServer и различные стандартные протоколы и средства, такие как TCP/IP и ActiveX.

Используя Labview, можно создавать приложения для тестирования и измерений, сбора данных, управления различными внешними устройствами, генерации отчетов. Можно создать независимые исполняемые файлы и библиотеки функций, такие как DLL, поскольку Labview – это полноценный 32-битный компилятор.

В настоящее время LabVIEW широко применяется в следующих сферах:

- Автомобильная промышленность;
- Телекоммуникации;
- Аэрокосмическая промышленность;
- Полупроводниковая промышленность;
- Разработка и производство электроники;
- Управлений технологическими процессами;

- Биомедицина.

**Порядок выполнения работы.** Имеются датчики, которые считают температуру и объем. Необходимо создать VI, чтобы моделировать определение температуры и объема.

### Задание 1. Создание VI

Цель: Создать VI.

Передняя панель.

1. Откройте новую переднюю панель, выбирая File>>New. Если закрыты все VI, выберите New VI из диалогового окна Labview.

Обратите внимание, если палитра средств управления не видима, выберите Windows>>ShowControls Средства управления, чтобы отобразить палитру. Вы также можете обращаться к палитре Средства управления, находящейся в открытой области лицевой панели.

2. Выберите Tank из Controls>>Vessels и поместите это на лицевую панель.

3. Напечатайте Volume в текстовом блоке метки и щелкните где-нибудь на лицевой панели.

4. Повторно масштабируйте индикатор резервуара, чтобы отобразить объем резервуара между 0.0 и 1000.0.

5. Поместите термометр из Controls>>Numeric на лицевой панели. Масштабируйте шкалу в пределах между 0 и 100.

6. Ваша передняя панель должна соответствовать рис. 34.

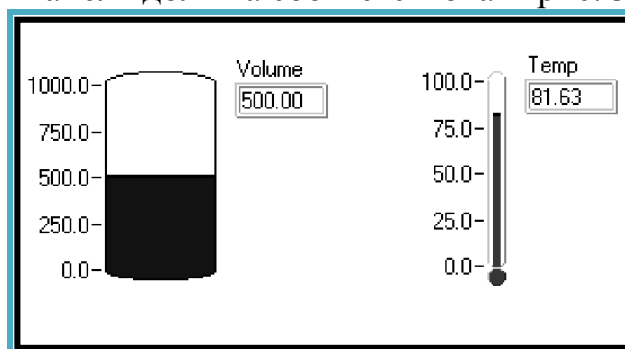



Рис. 34 Вид передней панели

7. Откройте блок-схему, выбрав Windows>>Show Diagram.

Выберите объекты, перечисленные ниже из палитры Функций, и поместите их в блок-схему.



8. Поместите следующие объекты на блок-схему. Выберите монитор процессов Functions>Select, а VI из каталога Labview\Activity – который моделирует чтение напряжения температуры и объема с датчика или измерительного датчика.

 Генератор случайных чисел Function>>Numeric – генерирует число между 0 и 1. Функцию умножения Functions>>Numeric (2 экземпляра) – умножает два числа и возвращает результат.

**123** Числовую константу Functions>>Numeric – (2 экземпляра). Введите значение 10.00 в каждую.

9. Чтобы просматривать Help функции или VI, выберите Show Help из меню Help и затем перемещайте курсор над каждой функцией и VI, окно справки для монитора процессов VI показано на рис. 35.

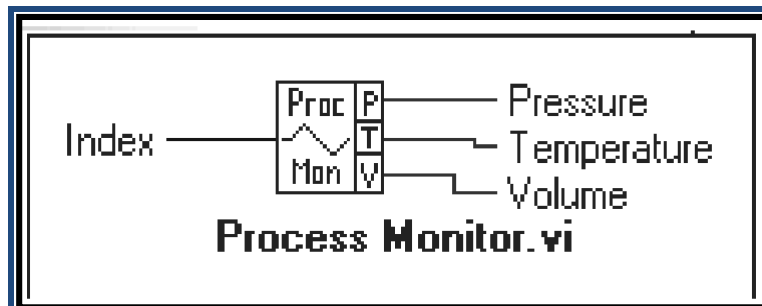


Рис.35 Окно справки

10. Используя средство монтажа, соедините объекты как показано на рис. 36.

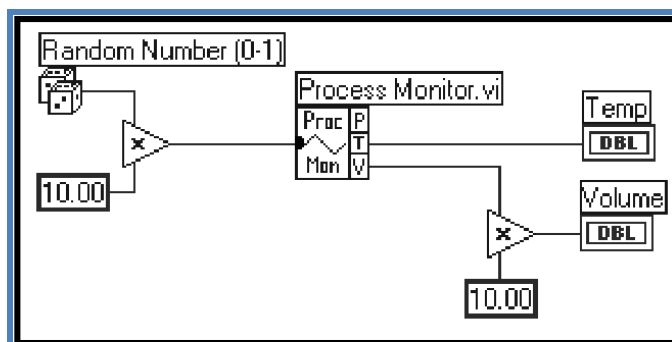


Рис. 36 Соединение блоков

11. Выберите File>>Save as и сохраните VI как Temp&Vol.vi в каталоге Labview\Activity. Запустите VI, нажав на кнопку Run. Обратите внимание на значения для объема и температуры, которые отображаются на лицевой панели.

13. Закройте VI, выбрав File>>Close.

### Задание 2. Создание иконки виртуального прибора



Цель: создать иконку и соединитель для VI.

Чтобы использовать VI как подпрограмму, вы должны создать иконку, чтобы представить подпрограмму на блок-схеме другого VI, и подокна соединителя, с которым вы можете соединять входы и выходы. Labview обеспечивает отдельные инструментальные средства, с которыми Вы можете создавать или редактировать иконку для вашего VI.

Иконка VI представляет VI как подпрограмму в блок-схеме другого VI.

Передняя панель

1. Откройте файл Temp&Vol.vi, сохраненный в упражнении 2.

2. В передней панели, выберите иконку в верхнем правом углу, и выберите Edit Icon.... Вы также можете сделать двойной щелчок на иконке, чтобы вызвать редактор иконки.
3. Сотрите заданную по умолчанию иконку.
4. Нарисуйте термометр .
5. Создайте  текст . Ваша иконка должна соответствовать рис. 37.

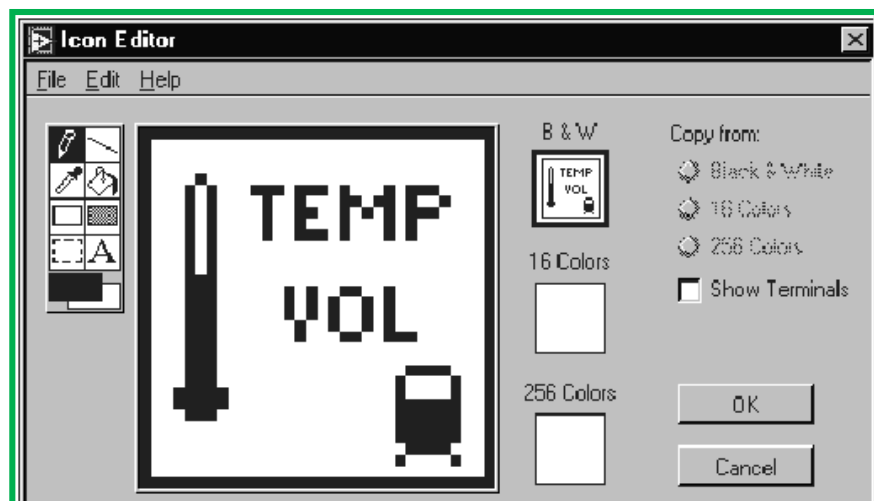




Рис.37. Вид окна

6. Закройте редактор иконки, нажав ОК. Новая иконка появляется в подокне иконки.
7. Определите шаблон терминала соединителя, выбрав Show Connector. По умолчанию, Labview выбирает шаблон терминала, основанный на числе средств управления и индикаторов на передней панели. Поскольку имеются два объекта, соединитель имеет два терминала . Поверните соединитель на 90 градусов .
8. Сохранить VI, выбрав File"Save.
9. Закройте VI, выбрав File"Close.

### Задание 3. Вызов SubVI

Цель: изготовить VI, который использует Temp&Vol.vi как subVI.

Передняя панель

1. Откройте новую переднюю панель, выбрав File"New.
2. Выберите горизонтальный переключатель из палитры Controls"Boolean, и маркируйте его как объем. Поместите свободные метки на переднюю панель, чтобы указать литры и галлоны.
3. Выберите измеритель из Controls"Numeric, и поместите его на переднюю панель. Маркируйте его как Tank Volume (рис. 38).

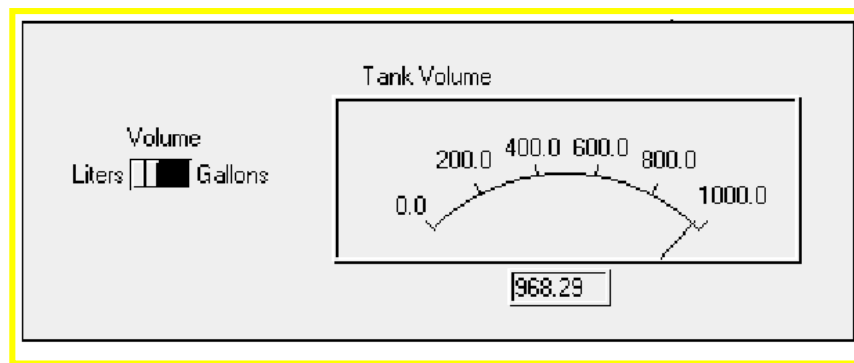


Рис.38 Внешний вид прибора

4. Измените диапазон измерителя в пределах между 0.0 и 1000.0.
5. Перейдите к блок-схеме, выбрав Windows>Show Diagram.
6. Щелкните в свободной области блок-схемы, и выберите Functions>Select a VI..., после чего появится диалоговое окно выбора. Выберите Temp&Vol.vi в каталоге Labview\Activity.
7. Добавьте другие объекты на блок-схему, как показано на рис.39.

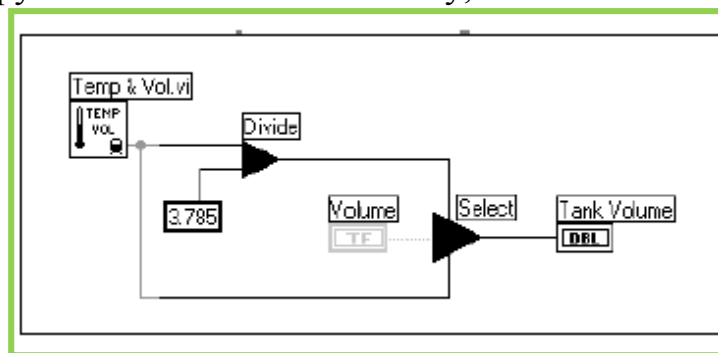


Рис.39 Блок-схема

**123** Numeric Constant (Functions>Numeric) добавляет числовую константу в блок-схему. Назначьте значение к константе, используя средство маркировки. Эта константа будет выполнять роль переводного множителя для пересчёта литров в галлоны.


▶ Select Function (Function>Comparison) – возвращает значение TRUE или FALSE в зависимости от булева ввода.

▶ Divide function (Functions>Numeric) – делит значение в литрах на 3,785, чтобы преобразовать это в галлоны.

8. Соедините объекты диаграммы, как показано на рис. 39.
9. Вернитесь в переднюю панель и нажмите кнопку Run.
10. Нажмите на переключатель, чтобы выбрать «Галлоны» и нажмите кнопку Run.
11. Сохраните VI как Temp&Vol.vi в каталоге Labview\Activity.

#### Задание 4. Отладка VI

Цель: Использовать зонд и его окно, исследовать поток данных в блок-схеме.

1. Откройте Temp&Vol.vi. Вызовите SubVI из каталога Labview\Activity.
2. Выберите WindowsShow Diagram.
3. Если палитра Инструментальных средств не открыта, выберите WindowsShowToolsPalette.
4. Выберите зонд из инструментальных средств  и нажмите на провод, выходящий из функции Divide. Окно зонда появляется с заголовком, как показано на рис. 40.

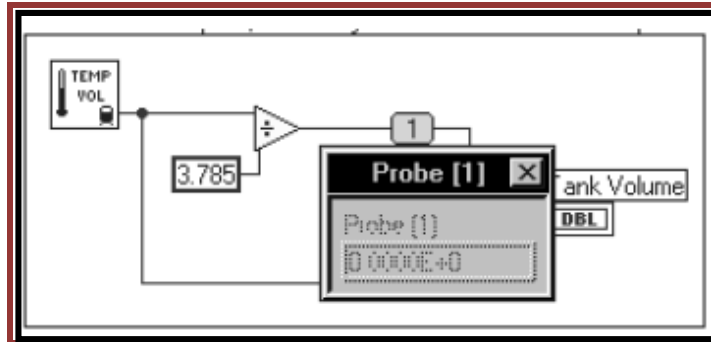


Рис.40 Блок-схема

5. Возвратитесь к передней панели. Переместите окно зонда так, чтобы можно было его просматривать, как показано на рис.41.

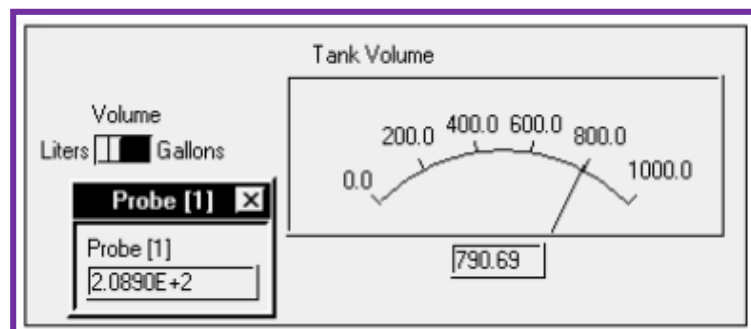




Рис. 41 Вид передней панели

6. Закройте окно зонда.
7. Вернитесь к блок-схеме VI.
8. Нажмите кнопку Highlight Execution в инструментальной панели . Кнопка Highlight Execution изменяется на светящуюся лампочку .
9. Нажмите кнопку Run, чтобы выполнить VI. Перемещение пузырьков по линиям соединения блоков представляет поток данных через VI. Начните выполнение в пошаговом режиме, нажимая кнопку StepOver в инструментальной панели (рис. 42).

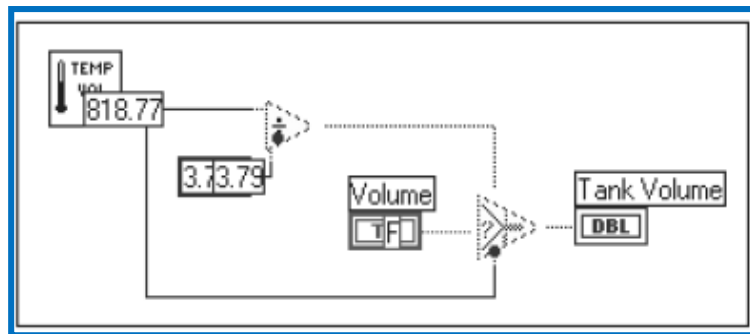




Рис. 42 Соединение блоков.

10. Запустите Temp&VolsubVI в пошаговом режиме, нажав кнопку StepInto  в инструментальной панели. Нажатие на эту кнопку открывает переднюю панель и блок-схему Temp&VolsubVI. Нажмите кнопку StepOver, пока VI не закончит выполняться.

11. Для окончания выполнения нажмите кнопку StepOut  в инструментальной панели. Нажатие этой кнопки завершает все остающиеся последовательности в блок-схеме.

12. Сохраните результат.

Отчёт по лабораторной работе должен содержать краткие ответы на контрольные вопросы, распечатки результатов моделирования, распечатки результатов моделирования (полученные путём копирования в буфер экрана и вставкой его в документ Word), диаграммы по каждому из этапов экспериментальной части, выводы.

### Контрольные вопросы:

1. Что относится к функциональным элементам в среде проектирования виртуальных приборов LabVIEW.
2. Как происходит соединение блоков.

### Используемая литература:

1. Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 130 p.
2. Хернитер М.Е. Multisim. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств.
3. Дж. Трэвис, Дж. Кринг. LabVIEW для всех (+ CD-ROM)





## V. БАНК КЕЙСОВ

### Кейс-1

#### Тема 1: Мостовая схема датчика

**Цель:** Расчёт электрического сопротивления датчика в зависимости от измеряемой величины

**Проблема:**

Многие датчики меняют свое электрическое сопротивление в зависимости от измеряемой величины. Для реализации этой технологии эффекта измерения часто прибегают к так называемой мостовой схеме, состоящей из четырех переменных резисторов, сопротивления которых могут варьироваться  $1/4 r$ ,  $1/2r$ , и  $4r$ , представленной на рис.1.

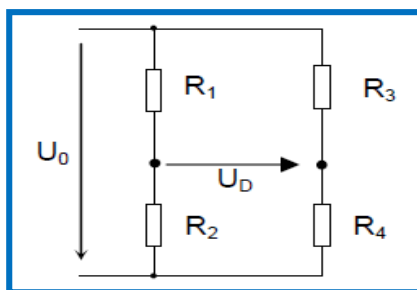


Рис.1 Мостовая схема

**Задания:**

а) Рассчитайте диагональное мостовое напряжение  $U_D$  в зависимости от  $U_0$  и  $R_1$  до  $R_4$ .

б) В каком отношении сопротивления должны идти друг за другом, чтобы диагональное мостовое напряжение составляло  $U_D=0$  В?

в) Рассчитайте диагональное мостовое напряжение, если все 4 сопротивления (резистора) имеют одинаковую базовую величину, но сопротивление изменяется с измеряемой величиной, т.е. при  $R_1=R_2=R_3=R_4=R_0$  и  $R_0 + DR$ !

### Кейс-2

#### Тема 2: Металлический термометр сопротивления

**Цель:** расчёт металлического термометра сопротивления для регулирования температуры инкубатора.

**Проблема:**

Для регулирования температуры инкубатора (температура:  $38,6^\circ\text{C}$ ) используется платиновый металлический термометр сопротивления  $R_t$ , мостовую схему которого с известными следующими данными  $R_1 = 10000\Omega$ ,  $R_2 = 11500\Omega$ ,  $R_3 = 1150\Omega$  можно изобразить следующим образом:

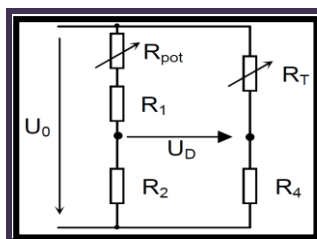


Рис.2 Мостовая схема металлического термометра сопротивления

**Задача:**

а) какое значение должно быть установлено переменный резистор Красный ( $R_{pot} = 0W$ ), так что мост балансируется при желаемой температуре?

б) Что такое напряжение  $U_0$  мост должен быть меньше, чем если датчик температуры не более 2 мВт электроэнергии будет осуществляться? Почему должна эта сила не может быть слишком большой?

в) Мост в настоящее время работает при напряжении  $U_0 = 2 V$ , диагональное напряжение подается на компаратор (зависимые от напряжения переключателя переключающем), с которой включается нагревательный элемент. Этот компаратор имеет гистерезис  $\pm 1 mV$ , то есть нагревательный элемент не включен в диагональ моста напряжение  $-1mV$  и снова до тех пор, при  $U_D = + 1 mV$  выкл. Насколько меняется в зависимости от температуры инкубатора, если другие воздействия могут быть проигнорированы?

**Кейс-3**

**Тема 3: Проектирования цифровых фильтров**

**Цель работы:** занятия заключается в том, что слушателям предлагают выполнить программную реализацию цифрового фильтра на сигнальном процессоре DSP56000, выбрав тип фильтра, рассчитав его характеристики, сверив результаты программной эмуляции работы фильтра с заданными значениями ТЗ – частота дискретизации, верхние и нижние частоты среза и задержания, допустимый уровень частотной колебательности АЧХ, динамический диапазон работы, допустимое отношение сигнал-шум.

**Проблема:** Выбрать тип фильтра (нерекурсивный фильтр, рекурсивный фильтр, многоскоростная система узкополосной фильтрации) согласно таблице вариантов задания

Варианты технического задания на полосовой фильтр

№ варианта	$f_{zс1}$ кГц	$f_{zn1}$ кГц	$f_{zn2}$ кГц	$f_{zс2}$ кГц	$\epsilon_n$	$\epsilon_3$	$D$ дБ	$R_{ш}^D$ дБ	$f_D$ кГц
1	0.18	0.38	0.64	0.82	0.08	0.01	60	5	2
2	0.40	0.92	1.36	1.76	0.10	0.02	60	10	4
3	0.56	1.68	2.72	3.68	0.11	0.02	54	6	8
4	0.80	2.00	2.60	4.20	0.08	0.02	54	18	10
5	0.20	0.42	0.62	0.80	0.10	0.02	48	3	2
6	0.30	0.76	1.24	1.80	0.10	0.03	48	6	4
7	0.48	1.08	1.74	2.64	0.09	0.04	48	12	6

8	3.3	3.7	4.3	4.9	0.07	0.02	60	7	12
9	4.3	4.8	5.4	6.0	0.09	0.03	70	10	14
10	5.0	5.7	6.6	7.2	0.09	0.03	75	8	16
11	2.4	3.0	3.6	4.2	0.1	0.02	80	5	10
12	5.3	5.9	6.4	7.0	0.1	0.02	82	8	16
13	2.4	3.1	3.5	3.9	0.05	0.01	72	13	12
14	2.6	2.9	3.0	3.3	0.05	0.01	70	9	8
15	5.5	6.2	6.6	7.2	0.08	0.02	60	11	18

Обозначения в табл.1 :

$f_{zс1}, f_{zс2}$  - граничные частоты полос задержания (кГц),

$f_{zn1}, f_{zn2}$  - граничные частоты полосы пропускания (кГц),

$\varepsilon_n, \varepsilon_s$  - неравномерность АЧХ в полосах пропускания и задерживания,

$D$  - динамический диапазон системы (дБ),

$R_{ш}^D$  - минимальное отношение сигнал/шум в дБ на выходе фильтра (на нижней границе динамического диапазона),

$f_D$  - частота дискретизации (кГц).

## **VI. ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ**

Слушатель во время подготовки самостоятельной работы по данной дисциплине должен:

- изучить главы и содержание учебника и учебных пособий по предмету;
- освоить по раздаточному материалу определенные части лекций;
- работать над темами модуля с использованием специальной литературы;
- глубоко изучить главы предмета, связанные с выполнением учебно-научной работой;
- использовать интерактивные методы обучения, дистанционное обучение.

– .

### **ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ:**

1. Технология изготовления типовых узлов и деталей приборов
2. Основы систем измерения
3. Типы инструментов и рабочие характеристики
4. Неопределенность измерений
5. Калибровка измерительных датчиков и приборов
6. Сбор данных с LabVIEW
7. Обработка сигналов с LabVIEW
8. Электрические индикации и испытательные машины
9. Дисплей, записи и представления данных измерений
10. Переменные элементы преобразования
11. Измерение Передача сигнала
12. Интеллектуальные устройства
13. Надежность измерения и системы безопасности
14. Сенсорные технологии
15. Измерение температуры
16. Измерение Давление
17. Измерение расхода
18. Масса, сила, и крутящий момент измерения
19. Поступательное движение, вибрации и ударных измерений
20. Вращательное движение Датчики

## VII. ГЛОССАРИЙ

<i>№</i>	<i>Термин</i>	<i>Обзор на русском языке</i>	<i>Definition in English</i>
1.	Дополнительная погрешность средства измерения	погрешность средства измерения, используемого в рабочих условиях, которая отличается от нормальных более широкими диапазонами влияющих величин.	error of measuring instruments used in the operating conditions that differ from normal broader ranges of influence quantities.
2.	Единица физической величины	это физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное 1 .	it is a physical quantity, which by definition was given a numeric value of 1.
3.	Единство измерений	это состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерений известны с заданной вероятностью.	it is a condition of measurements at which their results are expressed in legalized units and errors of measurements are known with a given probability.
4.	Измерение	процесс сравнения данной величины с некоторым ее значением, принятым за единицу измерений.	the process of comparing this value with some of its value received per unit of measurement.
5.	Измерительные преобразователи	это средства измерений, вырабатывающие сигналы измерительной информации в форме, удобной для дальнейшего преобразования, передачи, хранения, обработки, но как правило, недоступной для непосредственного восприятия наблюдателем.	This measurement means producing signals measurement information in a form suitable for further conversion, transmission, storage, processing, but is generally inaccessible to the direct perception of the observer.
6.	Измерить какую-либо величину	это значит сравнить ее значение с некоторым значением этой величины, принятым за единицу измерения.	it means to compare it with the value of a certain value this value taken as the unit of measurement.
7.	Индикаторы	технические устройства,	engineering devices

		предназначенные для обнаружения (индикации) физических свойств.	designed to detect (indicate) the physical properties.
8.	Инструментальные погрешности	погрешности, которые зависят от погрешностей применяемых средств измерения.	errors, which errors depend on the used measurement equipment.
9.	Интенсивность (или опасность) отказов $\lambda(t)$	вероятность того, что средство измерения, проработавшее безотказно в течение времени $t$ , откажет в последующий малый промежуток времени $\Delta t$ .	the likelihood that the measurement means, worked flawlessly during the time $t$ , refuses to follow a small period of time $\Delta t$ .
10.	Интерскоп	прибор, преобразующий невидимые инфракрасные лучи в оптически видимые лучи.	device that converts invisible infrared light in an optically visible rays.
11.	Истинное значение физической величины	это такое значение физической величины, которое идеальным образом отражало бы в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство объекта.	it is the value of a physical quantity, which is the ideal way would be reflected in the qualitative and quantitative relationship corresponding property of the object.
12.	Класс точности	обобщенная характеристика всех средств измерений данного типа, устанавливающая оценку снизу точности их показаний.	generalized description of all measuring instruments of this type, which sets a lower bound for the accuracy of their readings.
13.	Класс точности средства измерения	его обобщенная характеристика, указывающая предельные значения допускаемой основной и дополнительной погрешностей.	its generalized characteristic indicating the limits of permissible basic and additional errors.
14.	Договорно-правовые	отношения, возникающие в процессе осуществления многостороннего и	relations arising in the implementation of multilateral and bilateral

	отношения	двустороннего экономического и научно-технического сотрудничества стран-участниц конвенции и их хозяйственных организаций на основе соглашений, договоров, контрактов по специализации и кооперированию производства, взаимным поставкам и торговле между этими странами, научно-исследовательским, проектно-конструкторским и экспериментальным работам, подрядным, строительным, монтажным, транспортно-экспедиционным услугам и другим соответствующим отношениям, возникающим в процессе сотрудничества.	economic and scientific-technical cooperation of States Parties and their economic organizations on the basis of agreements, contracts, agreements on specialization and cooperation in production, supply and mutual trade between the two countries, research and development, design and Design and experimental works contractors, construction, installation, freight forwarding services, and other relevant matters arising in the course of cooperation.
15.	Комплексный контроль	одновременная проверка комплекса элементов, определяющих качество контролируемого объекта.	Simultaneous verification of complex elements that determine the quality of the controlled object.
16.	Контактный метод измерений	метод, при котором измерительный наконечник соприкасается с поверхностью измеряемой детали, причем характер контакта может быть точечным, линейным или поверхностным.	a method in which the probe tip comes into contact with the surface of the measured part, the contact may be a dot character, line or surface.
17.	Кратная единица	единица в целое число раз большая системной или	unit to an integer times greater systemic or non-

		внесистемной единицы, она образуется путем умножения основной или производной единицы на число 10 в соответствующей положительной степени.	systemic unit, it is formed by multiplying the derivative or basic units in the number corresponding to a positive 10 degree.
18.	Лазер	уникальный источник излучения, удачно сочетающий такие свойства, как высокая монохроматичность, малая расходимость луча и большая интенсивность, благодаря чему он (в сочетании с оптико-электронными устройствами) оказался одним из лучших средств для измерения длин, скоростей и оптических характеристик различных сред.	a unique source of radiation, successfully combines the properties such as high monochromaticity, low beam divergence and high intensity, making it (in combination with optical-electronic devices) was one of the best ways to measure the length, speed and optical characteristics of the different environments.
19.	Метод замещения	метод, заключающийся в том, что измеряемая величина замещается известной величиной, получаемой при помощи регулируемой меры.	method, which consists in the fact that the measured value is replaced with a known value obtained by means of an adjustable action.
20.	Метод измерения	это совокупность приемов использования принципов и средств измерений, при которых происходит процесс измерений.	a set of principles and methods of use of measuring instruments, at which the measurement process.
21.	Методические погрешности	погрешности, которые произошли от несовершенства метода измерения, использования упрощающих предположений и допущений при выводе применяемых формул, а также от влияния измерительного прибора	errors that occurred on the imperfections of the method of measurement, the use of simplifying assumptions, and the assumptions used in the derivation of formulas, as well as from the influence of the measuring device on the



		на объект измерения.	measurement object.
22.	Метод компенсации погрешности по знаку	метод, который применяется для исключения систематических погрешностей, которые в зависимости от условий измерения могут входить в результат измерения с тем или иным знаком.	method, which is used to eliminate systematic errors, which, depending on the measurement conditions are included in the result of measurement with a particular mark.
23.	Метрологическая надежность	это свойство средств измерений сохранять установленные значения метрологических характеристик в течение определенного времени при определенных режимах и условиях эксплуатации.	this property measuring means to maintain setpoints metrological characteristics for a certain time under certain conditions and environments.
24.	Метрологические характеристики средств измерений	такие их технические характеристики, которые влияют на результаты и точность измерений.	such their technical characteristics that affect performance and measurement accuracy.
25.	Метрологический отказ средства измерения	"выход" за допускаемые пределы.	"Output" for the allowable limits.
26.	Метрологическое обеспечение	это обеспечение, необходимое для достижения единства и требуемой точности измерений.	This software required to achieve the unity and the required measurement accuracy.
27.	Метрология	наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.	science about measurements, methods and means to ensure their unity and ways to achieve the required accuracy.
28.	Надёжность	свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных	property of the object to perform specified functions, keeping in time the value set of operating characteristics within the specified

		показателей в заданных пределах, соответствующим заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.	limits, the appropriate preset mode and conditions of use, maintenance, repair, storage and transportation.
29.	Неоднородные серии	серии, состоящие из значений, не подчиняющихся одному и тому же закону распределения вероятности.	series consisting of the values do not obey the same law of probability distributions.
30.	Неполная взаимозаменяемость	это взаимозаменяемость деталей, которая характеризуется возможностью проведения таких дополнительных мероприятий при сборке, как групповой подбор деталей (селективная сборка), применение компенсаторов, регулировка положения, пригонка.	This interchangeability of parts, which is characterized by the ability to carry out such additional activities in the assembly, as a group the selection of components (selective assembly), the use of expansion joints, position adjustment, fit.
31.	Непосредственный метод измерений	метод определения всего значения определяемой величины.	method of determining the values of all determined values.
32.	Неравнорассеянные серии	серии, с существенным различием оценок дисперсий.	series, with a significant difference in variance estimates.
33.	Неравноточные измерения	измерения, проводимые разными наблюдателями с применением разнообразных измерительных средств и методов измерений.	measurements made by different observers with a variety of measuring instruments and measurement methods.
34.	Нестационарный процесс	процесс, в котором определен закон распределения вероятности случайной	a process in which a certain law of probability distribution of the random variable is not

		величины неодинаков для любого сечения, т. е. зависит от времени.	the same for all cross sections, ie. e. time-dependent.
35.	Нормативно-технический документ	документ, устанавливающий требования к объектам стандартизации, обязательный для исполнения в определенных областях деятельности, разработанный в установленном порядке и утвержденный компетентным органом.	document setting out the requirements for the objects of standardization, mandatory for execution in certain areas, designed in accordance with established procedure and approved by the competent authority.
36.	Образцовые средства измерений	средства, служащие для определения по ним значений метрологических характеристик аттестуемого НСИ.	means serving to define them values of metrological characteristics attestation NSI.
37.	Абсолютная погрешность прибора	разность между показанием прибора и истинным значением измеряемой величины.	the difference between the readings and the true value of the measured value.
38.	Агрегатирование	это метод создания и эксплуатации машин, приборов и оборудования из отдельных стандартных, унифицированных узлов, многократно используемых при создании различных изделий на основе геометрической и функциональной взаимозаменяемости.	This method of creation and operation of machines, devices and equipment of the individual standard, standardized units, repeatedly used in the creation of various products based on the geometric and functional interchangeability.
39.	Активный вид контроля	контроль, результаты которого вызывают изменение параметров технологического процесса и влияют на качество выпускаемой	control, the results of which cause a change in process parameters and affect the quality of the products.

		продукции.	
40.	Безотказность	свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.	property of an object continuously keep working for a certain time or a certain operating time.
41.	Бесконтактный метод измерений	метод, при котором измеряемый размер определяют без механического контакта между измерительным наконечником и измеряемой деталью.	a method in which the measured size is determined without mechanical contact between the measuring tip and the workpiece being measured.
42.	Вероятность безотказной работы средств измерений $P(t)$	вероятность того, что в течение времени $t$ нормируемые характеристики погрешности средства измерения не выйдут за допустимые пределы.	the likelihood that for a time $t$ normalized characteristics of measuring instruments, error will not go beyond the permitted limits.
43.	Вес	отражает степень доверия к результату измерения.	It reflects the degree of confidence in the measurement results.
44.	Взаимозаменяемость	это свойство независимо изготовленных деталей, узлов и агрегатов обеспечивать беспрепятственную сборку машин или приборов и выполнять своё служебное назначение без нарушения технических требований, предъявляемых к данному изделию в целом.	this property is independently produced parts, components and assemblies to ensure smooth assembly of machines or appliances and to carry out his official appointment without breaking the technical requirements for this product as a whole.
45.	Внезапный отказ	отказ, вызванный случайной поломкой, выходом из строя какого-либо элемента средства измерения.	failure caused by accidental breakage, failure of any means of measuring element.
46.	Внесистемные	единицы, которые не входят в какую-либо	units that are not included in any system

	единицы	систему единиц.	of units.
47.	Внешняя взаимозаменяемость	это взаимозаменяемость покупных и кооперируемых изделий и узлов по эксплуатационным показателям, а также по размерам и формам присоединительных поверхностей, по которым взаимосвязанные узлы основного изделия соединяются между собой, а также с покупными и кооперируемыми изделиями.	This interchangeability and kooperiruemyh purchased products and components for performance indicators, as well as the size and shape of connecting surfaces, which interconnected nodes of the main products are connected to each other, as well as to the purchase and kooperiruemymi products.
48.	Внутренняя взаимозаменяемость	это взаимозаменяемость деталей, составляющих отдельные узлы, или составных частей и механизмов, входящих в изделие.	This interchangeability of parts that make up the individual components or component parts and tools included in the product.
49.	Государственный эталон	официально утвержденный в качестве исходного для страны первичный или специальный эталон.	approved as a source country for primary or special standard.
50.	Градуировка	приписывание значений мерам и отметкам шкал отсчетных устройств средств измерений, в результате непосредственной передачи информации о размере единиц, выраженных в этих единицах.	attributing values measures and scale marks indicating devices measuring instruments, as a result of direct transmission of information on the size of units, expressed in these units.
51.	Действительное значение физической величины	это значение физической величины, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к	the physical quantity is a value found by experiment and as approaching to the true value, which for this

		истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него.	purpose can be used instead.
52.	Диапазон измерений	область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерений.	region measured values for which the normalized permissible errors of the instrument.
53.	Динамические погрешности	погрешности, которые возникают из-за инерционности применяемых технических средств при достаточно быстрых изменениях измеряемой величины.	errors that occur due to the inertia of the applied technical means at a sufficiently rapid change of the measured value.
54.	Дифференциальный метод измерений	метод определения отклонения известного значения от меры.	method for determining the deviation of the known value of the measures.
55.	Стандарт СЭВ	нормативно-технический документ, фиксирующий результаты конкретной деятельности органов СЭВ по стандартизации, выполненный на основе современных достижений науки, техники и передового практического опыта, разработанный и утвержденный в соответствии с порядком, предусмотренным Положением о стандарте СЭВ.	normative and technical document recording the results of the specific activities of the CMEA standardization bodies formed on the basis of modern science, technology and good practices developed and approved in accordance with the procedure stipulated in the Regulations of the CMEA standard.
56.	Стационарный процесс	процесс, в котором определен закон распределения вероятности случайной величины одинаков для любого сечения, т. е. не зависит от времени.	a process in which a certain law of probability distribution of a random variable is the same for all cross sections, i.e. does not depend on time.

57.	Субъективные погрешности	погрешности, которые вызываются неправильными отсчетами показаний прибора человеком (оператором).	errors that are caused by incorrect readings of the instrument the person (operator).
58.	Технологическая специализация	это выделение отдельных стадий технологического процесса в специализированные заводы, цехи, участки.	this separation of the individual process steps in specialized factories, shops, plots.
59.	Типизация	метод стандартизации, заключающийся в установление типовых объектов для данной совокупности, принимаемых за основу (базу) при создании других объектов, близких по функциональному назначению.	standardization method is to establish a model for a given set of objects taken as a basis (base) to create other objects that are similar in functionality.
60.	Толерантный интервал	интервал для случайной величины погрешности, который в большинстве измерений будет покрывать её возможные значения.	interval for random variable error, which in most measurements will cover its possible values.
61.	Точность измерений	качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины.	quality measurement, reflecting the closeness of the results to the true value of the measured value.
62.	Унификация	один из важнейших методов стандартизации, заключающийся в рациональном сокращении видов, типов и размеров изделий одинаково функционального назначения, а также узлов и деталей, входящих в изделие с целью создания ограниченного числа	one of the most important methods of standardization, which consists in the rational reduction of species, types and sizes of products the same functionality, as well as parts and components included in the product in order to create a limited number of

		взаимозаменяемых узлов и деталей, позволяющих собирать новые изделия с добавлением определенного количества оригинальных элементов.	interchangeable components and parts to assemble new products with the addition of a certain number of original features.
63.	Физическая величина	это свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам (физическим системам, их состояниям и происходящим в них процессам), но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта.	this property is common in qualitative terms to many physical objects (physical systems, their conditions and processes occurring in them), but in terms of numbers for each individual object.
64.	Функциональная специализация	это специализация, которая возникла в результате разделения и кооперирования труда в области вспомогательного обслуживания производства.	a specialization that has arisen as a result of the division of labor and cooperation in the field of production support services.
65.	Химотроника	наука, в которой использованы электрохимические закономерности для создания электрохимических преобразователей.	science, which are used to create electrochemical patterns of electrochemical converters.
66.	Эвристические измерения	измерения, основанные на интуиции.	measurements based on intuition.
67.	Элементный контроль	независимая проверка каждого в отдельности элемента контролируемого объекта.	independent verification of each individual element of the controlled object.
68.	Эргодичность	свойство случайного стационарного процесса, заключающееся в том, что вероятностные характеристики, вычисленные по	property of stationary random process, which consists in the fact that the probability characteristics calculated for a variety of



		множеству реализаций и по любой из них, равны между собой.	implementations for any of them are equal.
69.	Эталон	это техническое устройство, обеспечивающее воспроизведение и (или) хранение единицы с целью передачи информации о её размере средствами измерений, выполненное по особой спецификации и официально утвержденное в установленном порядке в качестве эталона.	a technical device providing playback and (or) storage unit in order to transmit information about its size, measuring instruments, made in a special specification and approved in the established order as a reference.
70.	Эталон-копия	эталон, используемый для передачи информации о размере единицы рабочему эталону.	standard used to transmit information about the unit amount of the working standard.
71.	Эталон сравнения	эталон, применяемый для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличимы друг с другом.	standard used for comparisons of standards, which for one reason or another can not be directly slichimy with each other.
72.	Стандартизация в рамках СЭВ	планомерный процесс установления и применения, согласованных между странами СЭВ и утвержденных соответствующими органами СЭВ правил, требований и норм, направленных на создание научно обоснованной нормативно-технической базы для эффективного осуществления всех форм сотрудничества и развития	a systematic process of establishing and applying agreed upon between the CMEA countries and approved by the relevant bodies of the CMEA rules, regulations and guidelines aimed at creating a science-based regulatory framework for the effective implementation of all forms of co-operation and development of the socialist economic integration of the CMEA

		социалистической экономической интеграции стран-членов СЭВ.	member countries.
73.	Однородные серии	серии, состоящие из значений, подчиняющихся одному и тому же закону распределения вероятности.	series, consisting of the values that obey the same law of probability distribution.
74.	Органические (методические) погрешности	систематические погрешности, появление которых обусловлено несовершенством метода измерений или формулой, по которой вычисляют результат, и другими аналогичными факторами и не зависящие от качества изготовления применяемых средств измерений.	systematic errors, the occurrence of which is caused by the imperfection of the measurement method or the formula by which the result is calculated, and other similar factors, and do not depend on the quality of manufacturing of measuring instruments used.
75.	Органолептически е измерения	измерения, основанные на использовании органов чувств человека (осязания, обоняния, зрения, слуха и вкуса).	measurements based on the use of human senses (touch, smell, sight, hearing and taste).
76.	Основная погрешность средства измерения	погрешность средства измерения, используемого в нормальных условиях.	error of measuring instruments used in normal conditions.
77.	Основной диапазон измерений	диапазон, из которого с помощью входных элементов (делителей, шунтов, измерительных усилителей) образуются все остальные диапазоны измерений.	range, from which with the help of input elements (dividers, shunts, measuring amplifiers) are formed all the other measurement ranges.
78.	Основные единицы	единицы, выбранные произвольно при построении системы единиц.	units selected at random in the construction of a system of units.
79.	Относительная	отношение абсолютной	the ratio of the absolute

	погрешность прибора	погрешности к истинному (или измеряемому) значению величины.	error to the true (or measured) value of the quantity.
80.	Пассивный вид контроля	контроль, результаты которого не вызывают изменение параметров технологического процесса и не влияют на качество выпускаемой продукции.	control, the results of which do not cause a change in process parameters and do not affect the quality of the products.
81.	Первичный эталон	эталон, воспроизводящий единицу с наивысшей в стране точностью.	standard reproducing unit with the highest precision in the country.
82.	Погрешность измерения	отклонения результата измерения от истинного значения измеряемой величины.	the deviation of the measurement result from the true value of the measured value.
83.	Погрешность показаний прибора	разность между показанием прибора и истинным (действительным) значением измеряемой величины.	the difference between the readings and the true (real) value of the measured value.
84.	Погрешность средств измерений	разница между значением величины, полученным при помощи этого средства, и истинным значением.	the difference between the values obtained with the help of this tool, and the true value.
85.	Подетальная специализация	это специализация, которая заключается в том, что в процессе изготовления выделяется производство отдельных деталей, узлов и сборочных единиц,	a specialization that is released that the production of individual parts and assembly units during manufacturing,
86.	Полная взаимозаменяемость	это взаимозаменяемость деталей, которая обеспечивается соблюдением параметров с такой точностью, которая допускает сборку и замену любых сопрягаемых деталей, узлов и агрегатов без	This interchangeability of parts, which ensures compliance with the parameters of such precision that allows the assembly and replacement of all mating parts, components and

		каких-либо дополнительных мероприятиях ~ обработки, подбора, регулировки.	assemblies without any additional measures ~ processing, selection, adjustment.
87.	Поправка	значение величины, одноименной с измеряемой, которое нужно прибавить к полученному (при измерении) значению величины с целью исключения систематической погрешности.	value of the quantity being measured with the same name, which must be added to the obtained (measured) value of the quantity in order to avoid bias.
88.	Поправочный множитель	число, на которое умножают результат измерения для исключения систематической погрешности.	the number by which multiply the measurement result to avoid bias.
89.	Порог чувствительности	наименьшее изменение значения измеряемой величины, способное вызвать малейшее изменение в показаниях прибора.	the smallest change in measured value that can cause the slightest change in the readings.
90.	Постепенный отказ	отказ, связанный с временным износом, старением элементов средств измерений, постепенным уходом погрешности за границу допуска.	failure associated with wear and tear of time, aging components of measuring instruments, the gradual withdrawal of error tolerance abroad.
91.	Предел метрологической характеристики	есть наибольшее (без учета знака) значение метрологической характеристики, при котором НСИ может быть признан годным и допущено к применению.	is the largest (excluding the sign) the value of the metrological characteristics, in which the NSI may be declared fit and approved for use.
92.	Предметная специализация	это специализация, которая заключается в том, что на отдельном	This specialization, which is a separate company that focuses

		предприятии сосредоточивается выпуск продукции, соответствующей профилю предприятия.	output corresponding to the profile of the enterprise.
93.	Пренебрежимо малые (ничтожные) погрешности	погрешности, значениями которых можно пренебречь.	error, the values of which can be ignored.
94.	Обязательное и прямое (непосредственное) применение стандартов СЭВ в договорно-правовых отношениях по экономическому и научно-техническому сотрудничеству между странами - участницами конвенции	это обязательное применение стандартов СЭВ на объекты сотрудничества путем ссылки на них в документах, определяющих договорно-правовые отношения (соглашения, договоры, контакты).	is the mandatory application of CMEA standards for collaboration objects by referring to them in documents that define the contractual and legal relations (agreements, contracts, contacts).
95.	Применение стандарта СЭВ в народном хозяйстве стран-участниц конвенции	это непосредственное использование его в качестве национального стандарта без изменений и переоформлений или введение стандарта СЭВ в национальные стандарты, как принято в СССР, при полном соответствии показателей национальных стандартов показателям стандарта СЭВ.	This direct use of it as a national standard without change and renewal, or the introduction of CMEA standards into national standards, as adopted in the Soviet Union, in full compliance performance indicators of national standards CMEA standard.
96.	Производные единицы	единицы, образуемые по определяющему эти единицы уравнению из других единиц данной системы.	the unit formed by the defining equation of these units from other units of the system.

97.	Процесс	изменение физической величины во времени.	change of the physical quantity over time.
98.	Рабочий эталон	эталон, от которого непосредственно получают информацию о размере единицы нижестоящие по схеме технические средства.	standard, which directly receive the information about the amount of hardware units subordinate scheme.
99.	Равно рассеянные серии	серии, с незначимым различием оценок дисперсий.	series, with insignificant difference variance estimates.
100.	Результат измерения	значение физической величины, найденное путем ее измерения.	the value of a physical quantity found by measurement.
101.	Ремонтопригодность	свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов, повреждений и устранению их последствий путём проведения ремонтов и технического обслуживания.	object property, consisting in the adaptation to the prevention and detection of the causes of its failure, damage and elimination of their consequences by means of repairs and maintenance.
102.	Система единиц физических величин	совокупность основных и производных единиц, относящаяся к некоторой системе величин и образованная в соответствии с принятыми принципами.	a set of basic and derived units, relating to a system of values and formed in accordance with accepted principles.
103.	Систематическая погрешность	составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины.	component of measurement error that remains constant or varies regularly by repeated changes of the same magnitude.
104.	Случайная погрешность	составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом при повторных	component measurement error, randomly varying during repeated changes of the same magnitude.

		изменениях одной и той же величины.	
105.	Случайный процесс	процесс, который при повторениях каждый раз протекает случайным образом.	a process in which each time repetition occurs randomly.
106.	Совместные измерения	измерения, производимые одновременно измерения двух или нескольких не одноименных величин для нахождения зависимости между ними.	measurements made simultaneously measuring two or more values are not the same name for finding relationships between them.
107.	Современная метрология	наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.	science about measurements, methods and means to ensure their unity and ways to achieve the required accuracy.
108.	Совокупные измерения	измерения, производимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при котором искомые значения величин находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин.	measurements made simultaneously measure multiple quantities of the same name, in which the values of the desired solution of the system are obtained by direct measurements of various combinations of these variables.
109.	Сохраняемость	свойство объекта непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения и транспортирования.	property of an object continuously maintain in good working condition during and after storage and transportation.
110.	Специальный эталон	эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы в особых условиях и заменяющий в этих условиях первичный эталон.	standard, which provides playback unit in the special conditions and the replacement in these circumstances, the primary standard.

111.	Среднее время безотказной работы (или наработка на отказ)	время работы средства измерения.	time measuring means.
112.	Средство измерений	техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства.	technical means used for measurements and having normalized metrological properties.
113.	Стабильность средств измерений	качество средств измерений, отражающее неизменность во времени его метрологических свойств.	quality measuring instruments, reflecting the unchanged during the time of its metrological properties.
114.	Стандартизация	работа по установлению и применению правил с целью упорядочения деятельности в данной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон и, в частности, для достижения всеобщей оптимальной экономии, принимая во внимание рабочие условия и требования техники безопасности.	work on the establishment and application of the rules in order to streamline activities in this area for the benefit of and with the participation of all stakeholders and, in particular, to achieve universal optimum savings, taking into account the working conditions and safety requirements.
115.	Долговечность	свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.	property of an object remain operational until the limit state when the installed system for maintenance and repairs.
116.	Дольная единица	единица в целое число раз меньшая системной или внесистемной единицы, она образуется путем	Unit integer times less systemic or non-systemic unit, it is formed by multiplying



		умножения основной или производной единицы на число 10 в соответствующей отрицательной степени.	the derivative or basic units in the number corresponding to negative 10 degrees.
117	Дополнительные погрешности	погрешности, которые обусловлены отклонением условий, в которых работает прибор, от нормальных.	errors that are caused by deflection conditions in which the device operates from the normal.

## **VIII. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Основные литературы**

1. Alan S. Morris, Reza Langari. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier Inc. London. 2012. 617 p.
1. Bignell, J., & White, N. (1996). Intelligent Sensor Systems. Institute of Physics Publishing.
2. Brook, N., & Herklot, T. (1996). Choosing and implementing a serial interface. Electronic Engineering.
3. Henry, M. (1995). Self-validation improves Coriolis flowmeter. Control Engineering, May, pp 81–86.
4. IEC 60488-1. (2004a). Higher performance protocol for the standard digital interface for programmable instrumentation. Part 1: General. International Electrotechnical Commission.
5. IEC 60488-2. (2004b). Standard digital interface for programmable instrumentation. Part 2: Codes, formats, protocols and common commands. International Electrotechnical Commission.
6. IEEE 1451-0. (2007). Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators (related parts of this standard referring to particular aspects of the interface are published separately as IEEE 1451-1, 1999, IEEE 1451-2, 1997, IEEE 1451-3, 2003, IEEE 1451-4, 2004, and IEEE 1451-5, 2007).
7. IEC 61158 (1999). Digital data communications for measurement and control - Fieldbus for use in industrial control systems. International Electrotechnical Commission.

### **ИНТЕРНЕТЫ РЕСУРСЫ**

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Матбуот маркази сайти: [www.press-service.uz](http://www.press-service.uz)
2. Ўзбекистон Республикаси Давлат Ҳокимияти портали: [www.gov.uz](http://www.gov.uz)
3. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari izohli lug'ati, 2004, UNDP DDI: [www.lugat.uz](http://www.lugat.uz), [www.glossary.uz](http://www.glossary.uz)
4. Infocom.uz электрон журнали: [www.infocom.uz](http://www.infocom.uz)
5. [www.press-uz.info](http://www.press-uz.info)
6. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)
7. [www.edu.uz](http://www.edu.uz)