

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника**

**Наименование образовательной программы: Вычислительно-измерительные системы**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Цифровые процессоры сигналов**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Герасимов С.И.
	Идентификатор	Re1eef284-GerasimovSI-0dec9397

(подпись)

С.И.  
Герасимов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Серов Н.А.
	Идентификатор	R708da564-SerovNA-06ab7859

(подпись)

Н.А. Серов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Желбаков И.Н.
	Идентификатор	R839a3a63-ZhelbakovIgN-f73624c

(подпись)

И.Н.  
Желбаков

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен обосновывать принимаемые проектные решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности

ИД-1 Демонстрирует знание методов анализа и синтеза линейных и нелинейных электрических, электронных, цифровых систем

ИД-2 Демонстрирует знание принципов построения вычислительных машин, систем и сетей, методов оценки их функционирования

2. ПК-3 Способен принимать участие в концептуальном, функциональном и логическом проектировании инфокоммуникационных систем и устройств малого, среднего и крупного масштаба и сложности, разрабатывать требования и проектировать программное и аппаратное обеспечение

ИД-1 Демонстрирует знание принципов построения ЭВМ, микропроцессорных систем и вычислительных систем различного назначения

ИД-4 Осуществляет выбор и конфигурирование аппаратной платформы для вычислительных систем различного назначения

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Контрольная работа (Контрольная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Лабораторная работа № 1 (Лабораторная работа)

2. Лабораторная работа № 2 (Лабораторная работа)

3. Лабораторная работа № 3 (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Введение. Общие сведения о ЦПС. Архитектуры процессоров. Базовая теория цифровой обработки сигналов. Программирование на Си.					
Процессоры цифровой обработки сигналов. Основные понятия и термины. Области применения. Краткая теория ЦОС.	+				
Базовые элементы программирования для ЦПС Сбх.	+				

Обзор ЦПС. Архитектура и конвейер. Особенности реализации.	+			
ЦПС фирмы Texas Instruments. Семейства и направления. Структура и отличительные особенности. Составление программ на Асм.				
Обзор ЦПС С1х и С2х.		+		
Обзор ЦПС серии С6х.		+		
Программирование на Асм для ЦПС С6х.		+		
Хронология развития ЦПС. Разнообразие ЦПС. Семейства С55х и С6х. Расширенное программирование на Асм.				
История и развитие ЦПС. Производители ЦПС. Рынок ЦПС.			+	
Краткий обзор ЦПС серий С55х и С55х+.			+	
Структура ядра ЦПС С6х.			+	
Комплексное программирование на Асм для ЦПС С6х.			+	
Внутреннее устройство ЦПС серии С6х. Применение базовых алгоритмов ЦОС.				
Строение ядра ЦПС С62х и С67х. Функциональные модули. Регистры. Память. ПДП. Конвейер.				+
Прерывания и взаимодействие с внешней памятью.				+
Программная реализация методов ЦОС на Асм для ЦПС С6х.				+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание методов анализа и синтеза линейных и нелинейных электрических, электронных, цифровых систем	Знать: методы и средства цифровой обработки сигналов Уметь: использовать пути поиска и принятия решений по разработке и программной реализации оптимальных алгоритмов применительно к цифровым процессорам сигналов	Лабораторная работа № 3 (Лабораторная работа)
ПК-1	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов построения вычислительных машин, систем и сетей, методов оценки их функционирования	Знать: общее сведения о микропроцессорных системах Уметь: выполнять эксперименты по проверке правильности функционирования программных средств для цифровых процессоров сигналов и поиску в них ошибок	Контрольная работа (Контрольная работа) Лабораторная работа № 1 (Лабораторная работа)
ПК-3	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует	Знать:	Контрольная работа (Контрольная работа)

	знание принципов построения ЭВМ, микропроцессорных систем и вычислительных систем различного назначения	архитектуру и внутреннее устройство цифровых процессоров сигналов Уметь: использовать современные методы и средства проектирования, применять полученные навыки составления программного обеспечения для цифровых процессоров сигналов	Лабораторная работа № 1 (Лабораторная работа)
ПК-3	ИД-4 <sub>ПК-3</sub> Осуществляет выбор и конфигурирование аппаратной платформы для вычислительных систем различного назначения	Знать: основы программирования цифровых процессоров сигналов на языке Ассемблер Уметь: кодировать программы для цифровых процессоров сигналов на языках Ассемблер и Си	Лабораторная работа № 2 (Лабораторная работа)

## *II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания*

### **КМ-1. Лабораторная работа № 1**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа проводится в компьютерном классе с ПЭВМ - лаборатории высокоскоростных цифровых сигнальных процессоров. На компьютерах должно быть установлено соответствующее программное обеспечение для составления кода программ ЦПС (среда разработки Code Composer Studio версии 5.5). Если занятие проводится в указанной лаборатории, то возможна отладка и тестирование кода программ непосредственно на стендах, оборудованных ЦПС. В противном случае, для выполнения лабораторной работы будет достаточно наличия обозначенного ПО, тогда тестирование и отладка программ производится во встроенном симуляторе работы ЦПС.

#### **Краткое содержание задания:**

Лабораторная работа заключается в решении ряда задач - составления соответствующего кода программ на языке Ассемблер и/или Си. Задачи могут быть представлены индивидуально для каждого студента группы, так и иметь общее условие для всех студентов с различными вариантами задания. Примеры вариантов заданий приведены далее (см. контрольные вопросы на умения). Выполненные задания необходимо продемонстрировать преподавателю непосредственно на ПЭВМ, таким образом, подтвердив корректность выполнения программы в соответствии с условием задания. По результатам выполнения лабораторной работы требуется оформление отчета в печатной форме, который должен включать непосредственно условие задания, код составленной программы с подробными комментариями, поясняющими те или иные производимые действия. Вместе с этим, рекомендуется составить общий алгоритм работы программы и тезисно привести описание главных особенностей, на которые было обращено внимание при выполнении задания.

Защита лабораторной работы заключается в изложении студентом основных моментов и объяснении логики работы программы в целом. Студент должен продемонстрировать работу программы на ПЭВМ и, тем самым, подтвердить корректность полученных вычислений.

Конечный результат также представить в отчете по работе. Допускается выдача студенту как дополнительных уточняющих вопросов по алгоритму работы программы, так и по пройденному материалу курса (примеры см. в контрольных вопросах на знания).

Выполнение данной лабораторной работы преследует следующие основные моменты: Студенты применяют полученные ранее знания и отработанные навыки в рамках общих курсов программирования на языках высокого уровня для взаимодействия с цифровым сигнальным микропроцессором на платформе TSM320C67xx. При выполнении работы студенты повышают общий уровень написания программ на языке C/C++ в среде Code Composer Studio применительно к ЦПС подсемейства C67xx. Основное внимание уделяется операциям с массивами данных, построению циклов и управляющих конструкций, вычислению математических выражений. Вместе с этим, студенты осваивают главные средства и возможности отладки кода программ в среде Code Composer Studio, изучают на практике главный интерфейс и параметры настройки среды.

Перечисленные действия будут полезны студентам в дальнейшем при переходе на аппаратно приближенный уровень составления программ на языке Ассемблера.

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: общее сведения о микропроцессорных системах</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чем заключается отличие модифицированной гарвардской архитектуры от традиционной? В чем заключается отличие архитектуры VelocіTI от традиционной VLIW-архитектуры?</li> <li>2. Перечислите сходства и различия, особенности, достоинства и недостатки ЦСП с фиксированной и плавающей арифметикой.</li> <li>3. Укажите основные достоинства и недостатки цифрового способа обработки аналоговых сигналов.</li> <li>4. Какую основную задачу решают все компоненты базовой архитектуры ЦСП ?</li> <li>5. Перечислите типовые задачи, решаемые ЦСП.</li> <li>6. Сформулируйте определение цифровой обработки сигналов.</li> <li>7. Какие функциональные возможности ЦСП (операции) могут быть реализованы аппаратным способом?</li> <li>8. Какой микропроцессор можно считать ЦСП ?</li> <li>9. Что подразумевают под реальным масштабом времени?</li> <li>10. В чем заключается различие между микроконтроллером и микропроцессором? В каких случаях предпочтительно применять тот или иной вид цифрового устройства?</li> <li>11. Какие графики можно получить в среде CCS и как сохранить рабочую область проекта?</li> <li>12. Каким образом можно просмотреть состояние переменных исполняемой программы?</li> </ol>
<p>Уметь: использовать современные методы и средства проектирования, применять полученные навыки составления программного обеспечения для цифровых процессоров сигналов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вычислить программным способом выражение:  <math display="block">[(6,6 \cdot 3,2 + 7,8 \cdot 2,4) \cdot (-1,5) - 9,9 \cdot 1,1 + 8,3 \cdot 5,5 \cdot 1,7] \cdot 2,2 - 4,0 \cdot 0,6</math>             числа выразить через переменные <math>a, b, c, d, e, f, g, h, k, l, m, n, p, \dots</math></li> <li>2. Вычислить выражение:  <math display="block">f(x) = \frac{x + \sqrt{5x}}{\sqrt{x} + \sqrt{5}} - \frac{x - 5}{\sqrt{x} - \sqrt{5}} - x^2 + 2x + \sqrt{5}</math>             Реализовать в виде отдельных подпрограмм.</li> <li>3. Реализовать следующее выражение в виде функции. Числовые константы передавать в функцию как аргументы. Номер выражения соответствует порядковому номеру журнала в БАРС.</li> </ol>

$$f_1(x) = 8 \left( \frac{x^3 + 1}{(x+1) \cdot (x^2 - 1)} + \frac{2}{x+1} - \frac{x}{x^2 - 1} \right)$$

$$f_2(x) = \left( \frac{(x+2)^2}{x-2} - \frac{8x(x+1)}{x^2 - x - 2} + 2^5 + 4 \right)^2$$

$$f_3(x) = \left( \frac{x^2 - 2x + 4}{(x-2)(x+2)} + \frac{4}{x+2} - \frac{2x}{x^2 - 4} \right) (x - 25\sqrt{x})$$

$$f_4(x) = \left[ \frac{2x + \sqrt{5}}{2x - \sqrt{5}} - \left( \frac{2 + \sqrt{5}x^{-1}}{2 - \sqrt{5}x^{-1}} \right)^{-1} \right]^{-1} \frac{(x^2 + x)\sqrt{20}}{x - \sqrt{5} + \sqrt{6} + \sqrt{20}}$$

$$f_5(x) = \frac{x + \sqrt{5x}}{\sqrt{x} + \sqrt{5}} - \frac{x - 5}{\sqrt{x} - \sqrt{5}} - x^2 + 2x + \sqrt{5}$$

$$f_6(x) = \left( \frac{x^2 + x}{x^2 - 1} + \frac{x - 2}{x - 1} \right) (x^2 + 4x + 50)$$

$$f_7(x) = \left( x^2 + \frac{3x^2}{x-1} \right) \left( 1 - \frac{3}{x+2} \right) + \left( \frac{3x^2}{x+1} - x^2 \right) \left( \frac{3}{x-2} + 1 \right)$$

$$f_8(x) = 0,25\sqrt{x} + \frac{(x^4 - 1)(x^{-2} - 1)}{x^2 + x^{-4}} \left( \frac{x^4}{(x^2 + 1)^2 - 3x^2} \right)^{-1}$$

$$f_9(x) = \frac{(x-1)^2}{x+1} + \frac{4(x-1)^2 + 9\sqrt[3]{2}(x-1)}{x^2 - 1}$$

4. Поэлементные операции над элементами массива в соответствии со следующим выражением:

$y_i = c \cdot (a + b \cdot \sqrt{x_i})^3$ , где  $x$  и  $y$  – массивы;  $a, b$  – переменные (передаются как аргументы функции);  $c$  – константа (определяется локально в теле функции).

Реализовать в виде отдельных функций, где в качестве параметра функций передается  $x$  – массив. Соответственно, выходное значение функций также является массив одинаковой с " $x$ " длины.

5. Вычислите значения заданной кусочной функции  $y(x)$  в указанном диапазоне изменения аргумента  $x$ .

Постройте её график в среде CCS.

№№	$y = f(x)$	$[x_{\min}; x_{\max}]$	№№	$y = f(x)$	$[x_{\min}; x_{\max}]$
1.	$\begin{cases}  x , &  x  \leq 1 \\ 2 - x^2, &  x  > 1 \end{cases}$	-2...+2	6.	$\begin{cases} x^2, & x < 0 \\ x^3, & x \geq 0 \end{cases}$	-3...+2
2.	$\begin{cases} -5x + 8, & x < 2/3 \\ x + 4, & 2/3 \leq x < 3 \\ 5x - 8, & x \geq 3 \end{cases}$	-1...+4	7.	$\begin{cases} -\left(\frac{1}{2}\right)^x, & x \geq 0 \\ -2^x, & x < 0 \end{cases}$	-4...+4
3.	$\begin{cases} 2x^2 - 5, & x < -2, x \geq 2 \\ 3, & -2 \leq x < -1, \\ 1 \leq x < 1 \\ -2x^2 + 5, & -1 \leq x < 1 \end{cases}$	-3...+3	8.	$\begin{cases} x - 3, & x \geq 3 \\ -x + 3, & 0 \leq x < 3 \\ x + 3, & -3 \leq x < 0 \\ -x - 3, & x < -3 \end{cases}$	-6...+6
4.	$\begin{cases} x - 1, & x \geq 1 \\ -x + 1, & 0 \leq x < 1 \\ x + 1, & -1 \leq x < 0 \\ -x - 1, & x < -1 \end{cases}$	-2...+2	9.	$\begin{cases} 4 - 2x, & x < 1 \\ 2, & 1 \leq x < 3 \\ 2x - 4, & x \geq 3 \end{cases}$	0...+4
5.	$\begin{cases} x^2 - 3, & -\sqrt{3} < x < \sqrt{3} \\ 3 - x^2, & x \geq \sqrt{3}, x \leq -\sqrt{3} \end{cases}$	-3...+3			

6. Программная реализация цифрового компаратора.

Организовать вывод в консоль всех номеров элементов массива, превышающих заданное «пороговое» значение  $z$ . Если ни один элемент массива не удовлетворяет данному условию, то отобразить соответствующее информационное сообщение.

7. Определить количество локальных экстремумов заданной последовательности чисел – максимумов и минимумов, по сути, точек перегиба функции.

Составить две подпрограммы, выполняющие поиск отдельно максимумов и отдельно минимумов в массиве чисел. Кроме того, вычислить общее количество всех локальных экстремумов. Вывести

	<p>все результаты в консоль среды CCS.</p> <p>8.Реализация непрерывного «кольцевого буфера» — сдвиг всех элементов массива на произвольное (заданное) кол-во шагов (по сути, сдвиг с переносом). Предусмотреть выбор направления сдвига (влево/вправо).</p> <p>9.Проверка матриц на равенство — две матрицы называются равными, если они имеют одинаковые размеры и их соответствующие элементы равны.</p> <p>10.Умножение матрицы на число — произведением матрицы <math>A = (a_{ij})</math> на число <math>k</math> есть матрица <math>C = (c_{ij})</math> того же порядка, что и матрица <math>A</math>, элементы которой получены умножением соответствующих элементов матрицы <math>A</math> на число <math>k</math>, то есть <math>c_{ij} = k \cdot a_{ij}</math></p> <p>11.Сложение матриц — суммой двух матриц <math>A = (a_{ij})</math> и <math>B = (b_{ij})</math> одинакового порядка называют матрицу <math>C = (c_{ij})</math> такого же порядка, элементы которой равны сумме соответствующих элементов матриц <math>A</math> и <math>B</math>, то есть <math>c_{ij} = a_{ij} + b_{ij}</math></p>
--	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если: - все представленные задания выполнены в полном объеме или имеют не критические недочеты, не влияющие в целом на работоспособность и конечный результат; - студент оформил соответствующий отчет по работе; - студент успешно ответил на подавляющую часть дополнительных вопросов в рамках защиты работы.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если: - некоторые задания выполнены не в полном объеме и/или имеют не критические недочеты, не влияющие в целом на работоспособность и конечный результат; - студент оформил соответствующий отчет по работе; - студент успешно ответил на большую часть дополнительных вопросов в рамках защиты работы.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если: - выполнена половина или более от общего числа требуемых заданий, при этом некоторые задания могут содержать не критические недочеты, не влияющие в целом на работоспособность и конечный результат; - студент оформил соответствующий отчет по работе; - студент успешно ответил, по крайней мере, на половину дополнительных вопросов в рамках защиты работы. Другая комбинация, если: - выполнена большая часть требуемых заданий, при этом некоторые задания могут содержать весьма существенные замечания и ошибки, влияющие на конечный результат работы программы; - студент оформил соответствующий отчет по работе; - студент успешно ответил, по крайней мере, на половину дополнительных вопросов в рамках защиты работы.

#### КМ-2. Лабораторная работа № 2

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа проводится в компьютерном классе с ПЭВМ - лаборатории высокоскоростных цифровых сигнальных процессоров. На компьютерах должно быть установлено соответствующее программное обеспечение для составления кода программ ЦПС (среда разработки Code Composer Studio версии 5.5). Если занятие проводится в указанной лаборатории, то возможна отладка и тестирование кода программ непосредственно на стендах, оборудованных ЦПС. В противном случае, для выполнения лабораторной работы будет достаточно наличия обозначенного ПО, тогда тестирование и отладка программ производится во встроенном симуляторе работы ЦПС.

**Краткое содержание задания:**

Лабораторная работа заключается в решении ряда задач - составления соответствующего кода программ на языке Ассемблер и/или Си. Задачи могут быть представлены индивидуально для каждого студента группы, так и иметь общее условие для всех студентов с различными вариантами задания. Примеры вариантов заданий приведены далее (см. контрольные вопросы на умения). Выполненные задания необходимо продемонстрировать преподавателю непосредственно на ПЭВМ, таким образом, подтвердив корректность выполнения программы в соответствии с условием задания. По результатам выполнения лабораторной работы требуется оформление отчета в печатной форме, который должен включать непосредственно условие задания, код составленной программы с подробными комментариями, поясняющими те или иные производимые действия. Вместе с этим, рекомендуется составить общий алгоритм работы программы и тезисно привести описание главных особенностей, на которые было обращено внимание при выполнении задания.

Защита лабораторной работы заключается в изложении студентом основных моментов и объяснении логики работы программы в целом. Студент должен продемонстрировать работу программы на ПЭВМ и, тем самым, подтвердить корректность полученных вычислений.

Конечный результат также представить в отчете по работе. Допускается выдача студенту как дополнительных уточняющих вопросов по алгоритму работы программы, так и по пройденному материалу курса (примеры см. в контрольных вопросах на знания).

Цель лабораторной работы состоит в следующих аспектах:

В ходе выполнения работы приобретаются начальные навыки работы с языком ассемблер в среде Code Composer Studio на платформе TMS320C67xx. Данная лабораторная работа позволяет студентам закрепить полученные на лекциях знания о структуре ядра и АЛУ процессора. Вместе с этим, студенты обучаются организовывать циклы, осуществлять условные и безусловные переходы и операции сравнения при помощи ассемблера. Кроме того, в этой лабораторной работе студенты учатся осуществлять чтение и запись в память процессора Сбххх. Также лабораторная работа позволяет усовершенствовать приобретённые навыки взаимодействия с языком ассемблер в среде Code Composer Studio на платформе TMS320C67xx, а также осуществить вызов из Си ассемблерной функции.

Помимо этого, данная работа обучает студента реализовывать и аппроксимировать сложные математические функции с заданной точностью, в т.ч. кусочно-заданные функции. В ходе выполнения лабораторной работы закрепляются навыки алгоритмического программирования. После выполнения лабораторной работы у студента получается готовая библиотека математических функций, которые могут быть использованы в дальнейшем для синтеза сигналов различной формы и математической обработки зарегистрированных данных.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: основы программи рования цифровых процессоро в сигналов на языке Ассемблер</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Организация вызова ассемблерной функции из Си-программы. Передача и приём данных, выход из функции.</li> <li>2. Как посмотреть ассемблерный код загруженной программы?</li> <li>3. Какие функции в среде CCS осуществляют ассемблер, компилятор, линкер?</li> <li>4. Каким образом можно посмотреть область памяти ЦСП в среде Code Composer?</li> <li>5. Приведите основные характеристики ЦСП TMS320C6711/13: производитель, фиксированная/плавающая точка, тактовая частота, тип архитектуры, объем внутренней памяти.</li> <li>6. В чем отличие процессора TMS320C6711 от TMS320C6211 и как это сказывается на времени выполнения программ?</li> <li>7. Приведите основные типы данных Ассемблера и Си для компилятора среды Code Composer Studio (CCS).</li> <li>8. В чем заключаются сходства и различия ЦСП семейств TMS320C1x и TMS320C2x ?</li> <li>9. Перечислите наиболее важные функциональные особенности и составьте классификацию ЦСП семейства TMS320C6xxx (C6000).</li> <li>10. В чем заключается отличие архитектуры Velocity от традиционной VLIW-архитектуры?</li> <li>11. Перечислите их основные особенности и отличия от ЦСП семейств TMS320C2x и TMS320C2xxx (C2000).</li> <li>12. Назовите области применения ЦСП подсемейства TMS320C64x и TMS320C64xx в частности.</li> <li>13. Укажите главное назначение и перечислите области применения ЦСП подсемейства DaVinci — TMS320DM64x и TMS320DM64x+ (DM64xx) в частности. Приведите основные характеристики ЦСП данного подсемейства.</li> <li>14. Организация циклов с пост- и предописанием.</li> <li>15. Форматы чисел с фиксированной и плавающей запятой применяемые в TMS320C67xx. Особенности команд с фиксированной и плавающей запятой.</li> <li>16. Операции сложения и вычитания целочисленные и с плавающей запятой. Сложение значений регистров и сложение значения регистра и константы (примеры).</li> <li>17. Работа в среде Code Composer Studio (CCS) — создание проекта, написание программы на Си и Ассемблере, компиляция, отладка и пр. для версии 5. Понятие исходный файл, командный файл.</li> <li>18. В чем заключаются сходства и различия ЦСП семейств TMS320C1x и TMS320C2x ? Привести их основные характеристики; описать основные функциональные блоки, входящие в состав процессоров данных семейств. Указать назначение и области их применения.</li> <li>19. Назовите области применения ЦСП подсемейства TMS320C28x. В чем заключаются улучшения ЦСП данного подсемейства по сравнению с ЦСП подсемейства TMS320C24x ? Указать основные характеристики процессоров подсемейства TMS320C28x.</li> </ol>
<p>Уметь: кодировать программы для цифровых процессоро</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Реализовать математическую функцию средствами встроенного ассемблера для ЦПС семейства C6000. Функция выбирается в соответствии с номером бригады из приведенной таблицы. При написании ассемблерной подпрограммы <b>запрещается</b> упрощать формулу, поскольку требуется реализовать каждое действие функции. Методические указания: значение <math>x</math> должно храниться в регистре A2, а</li> </ol>

В сигналах  
на языках  
Ассемблер  
и Си

результат вычисления  $Y$  должен записываться в регистр A4.

Таблица.

№ бригады	Функция
1	$Y = 20x * (x^3) * (x^2 + 10x)$
2	$Y = (10x + x^2) + (2x + x^2)$
3	$Y = ((2x) * \sqrt{x + x^2}) + x$
4	$Y = (5 / \sqrt{x + 2x}) + x^3$
5	$Y = 10x + (20x + x) * \sqrt{x^3}$
6	$Y = 20x / (x + 2x^2) + x$
7	$Y = 5x^2 + 10x + x^2 * \sqrt{1 + x}$
8	$Y = (10x^2 + 5x) / \sqrt{x^2 + x}$

2.1. При помощи цикла реализовать запись в память процессора массива A. Тип цикла и формула для вычисления значений элементов массива выбираются из представленной таблицы в соответствии с номером бригады.

2. Осуществить вывод элементов массива на экран.

Методические указания: значения элементов массива  $A[i]$  должны вычисляться и записываться в память процессора при помощи ассемблера, для этого из Си в ассемблер необходимо передать указатель на массив и количество элементов массива.

Таблица.

№ бригады	Формула для вычисления значений элементов массива A	Количество элементов массива A	Тип цикла
1	$A[i] = i + i * (i - 1)$	5	Цикл с предописанием
2	$A[i] = (i + 1) * (i + 2)$	6	Цикл с постописанием
3	$A[i] = (i + 20) / (i + 1)$	7	Цикл с предописанием
4	$A[i] = \sqrt{i + 2} + i$	8	Цикл с постописанием
5	$A[i] = i * \sqrt{i + 1}$	9	Цикл с предописанием
6	$A[i] = i^2 + 3 * i + 5$	10	Цикл с постописанием
7	$A[i] = (i + 3)^2 / (i + 1)$	5	Цикл с предописанием
8	$A[i] = \sqrt{(i + 2)^3}$	6	Цикл с постописанием

*Примечание:*  $i$  – номер элемента массива.

3.1. Написать программу на ассемблере для перемножения двух векторов.

2. Написать программу на ассемблере для перемножения вектора и матрицы.

Методические указания:

1). Для написания программы следует создать в Си два массива переменных, каждый из которых соответствует вектору. Эти массивы переменных должны передаваться из Си в ассемблер. Затем при помощи ассемблера осуществить перемножение векторов и передать результат обратно в Си для последующего отображения на экране. Каждый вектор содержит 4 элемента. Значения элементов первого вектора определяются по формуле:

$$X(N2)=(N1+10)\cdot 3-2\cdot N2, \quad (1)$$

где  $N1$  – номер бригады;  $N2$  – номер элемента вектора.

Значения элементов второго вектора определяются по формуле:

$$X(N2)=5+(N1-1)\cdot 2+((-1)N2)\cdot N2 \quad (2).$$

2). Для написания программы следует создать в Си два массива переменных, один из которых соответствует вектору, а другой – матрице. Эти массивы переменных должны передаваться из Си в ассемблер. Затем при помощи ассемблера осуществить перемножение матрицы и вектора и передать результат обратно в Си для последующего отображения на экране. Вектор содержит элементы, значения которых определяются по формуле:

$$X(N2)=(N1+10)\cdot 3-2\cdot N2, \quad (3)$$

где  $N1$  – номер бригады;  $N2$  – номер элемента вектора.

Значения элементов матрицы определяются по формуле:

$$X(N2, N3)=(N1-3)\cdot (N2-2)\cdot (N3-4)+7, \quad (4)$$

где  $N1$  – номер бригады;  $N2$  – номер строки;  $N3$  – номер столбца.

4. Составить на языке Ассемблер функцию расчета факториала целого положительного числа:  $f(x) = x!$ , где  $x! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \dots x$ , причем  $x$  – целое.

Привести соответствующие реализации подпрограмм через циклы с пред- и постусловием.

5. Закодировать на Ассемблере подпрограммы-функции, осуществляющие следующие действия:

- - копирование («перенос») элементов массива:  $x[i] \rightarrow y[i]$ , где  $x, y$  – массивы;
- - поэлементное умножение массива на константу:  $y[i] = c \cdot x[i]$ , где  $x$  и  $y$  – массивы,  $c$  – константа;
- - возведение массива поэлементно в квадрат:  $y[i] = x[i]^2$ , где  $x, y$  – массивы;
- - поэлементное сложение двух векторов-массивов, получение третьего:  $a[i] = b[i] + c[i]$ , где  $a, b, c$  – массивы

Реализовать программу в двух вариантах:  $x[i]$  – целые числа и  $x[i]$  – числа в формате с плавающей точкой.

Результат вычисления программы - число в формате с плавающей точкой. Требуется указать функциональные блоки исполнения в коде программы.

6. Закодировать на Ассемблере подпрограммы-функции, осуществляющие следующие действия:

- сложение двух векторов, взятых с соответствующими коэффициентами (весами)  $z[i] = a \cdot x[i] + b \cdot y[i]$ , где  $x, y$  – массивы;  $a, b$  – константы;
- поэлементное перемножение двух векторов-массивов, получение третьего:  $y[i] = h[i] \cdot x[i]$ , где  $x, h$  и  $y$  – массивы;
- выполнение операции умножения с накоплением MAC:  $sum += a[i] \cdot b[i]$ , где  $a, b$  – массивы.

Реализовать программу в двух вариантах:  $x[i]$  – целые числа и  $x[i]$  – числа в формате с плавающей точкой.

Результат вычисления программы - число в формате с плавающей точкой. Требуется указать функциональные блоки исполнения в коде программы.

Примечание: для п.2 рекомендуется использовать следующую схему вычислений -  $c[i] = a[i] \cdot b[i]$ ;  $sum += c[i]$ , где  $c[i]$  – массив (значения типа *float*);  $sum$  – результат вычисления Асм-подпрограммы.

7.Закодировать на Ассемблере подпрограммы-функции, осуществляющие следующие действия над матрицами:

- проверка матриц на равенство — две матрицы называются равными, если они имеют одинаковые размеры и их соответствующие элементы равны;
- умножение матрицы на число — произведением матрицы  $A = (a_{ij})$  на число  $k$  есть матрица  $C = (c_{ij})$  того же порядка, что и матрица  $A$ , элементы которой получены умножением соответствующих элементов матрицы  $A$  на число  $k$ , то есть  $c_{ij} = k \cdot a_{ij}$ ;
- сложение матриц — суммой двух матриц  $A = (a_{ij})$  и  $B = (b_{ij})$  одинакового порядка называют матрицу  $C = (c_{ij})$  такого же порядка, элементы которой равны сумме соответствующих элементов матриц  $A$  и  $B$ , то есть  $c_{ij} = a_{ij} + b_{ij}$ ;
- вычитание матриц — разностью двух матриц  $A = (a_{ij})$  и  $B = (b_{ij})$  одинакового порядка называют матрицу  $C = (c_{ij})$  такого же порядка, элементы которой равны разности соответствующих элементов матриц  $A$  и  $B$ , то есть  $c_{ij} = a_{ij} - b_{ij}$ .

8.Реализовать математические функции при помощи кусочно–линейной аппроксимации. Функции берутся из указанной ниже таблицы в соответствии с номером бригады.

Таблица

Номер бригады	Функция	gamma	Примечание
1	$(n+3)!+(n-1)2!$	—	
2	Реализация деления	—	Результат деления – целая часть и остаток
3	$tg(x)$	1,5%	
4	$exp(x)$	1,0%	
5	$ctg(x)$	0,5%	
6	$cos(x)$	1,0%	
7	$sin(x)$	2,0%	
8	$ln(x)$	1,5%	

Методические указания:

- 1) Результаты вычисления функций записываются в память для последующего наблюдения в виде графика. Кроме того, требуется средствами языка программирования Си организовать вывод результатов вычислений и промежуточных значений на экран.
- 2) Кусочно–линейная аппроксимация должна быть выполнена с приведённой погрешностью, не превышающей значение  $\gamma$  (методики расчёта погрешностей и параметров аппроксимации приводятся в лекциях).

Примечания:

- 1) Рекомендуется сложные вычисления разложить на несколько более простых действий.
- 2) Данные, необходимые для написания программы-аппроксимации следует рассчитать заранее, например, при помощи соответствующих математических пакетов MathCAD или MatLab.

9.Реализовать подпрограммы-функции, вычисляющие следующие выражения:

$$f_1(x) = x^2 - 2x; \quad f_2(x) = 2x + 1; \quad f_3(x) = x^2 + |x|; \quad f_4(x) = x^2 + 1 - \frac{x^3 - x}{x - 3},$$

где  $x$  – числа в формате с плавающей точкой, передаются в Асм-подпрограмму через указатель массива, содержащий значения аргумента в заданном диапазоне, как параметр функции. Константы задаются как целые числа и записываются непосредственно в регистры в самой Асм-подпрограмме через команду MVK. Диапазоны возможных значений  $x$  для функции  $f_1$ : от -2 до +2 с шагом 0,1; для  $f_2$  – от -2 до +4 с шагом 0,1; для  $f_4$  – от -2,5 до +2,5 с шагом 0,1. Построить графики полученных функций. Проверить результаты вычисления Асм-функций в основной Си-программе.

10. Вычислите значения заданной кусочной функции  $y = f(x)$  в указанном диапазоне изменения аргумента  $x$  и постройте её график в среде CCS. Закодировать соответствующие подпрограммы на языке Ассемблер и Си. Результат расчета функций – числа в формате с плавающей точкой. Переменная  $x$  для выражения  $f$  объявляется как массив, соответственно, при вызове Асм-подпрограммы через параметры функции передается адрес этого массива  $x$ . Константы, которые присутствуют в выражениях, по умолчанию, также являются целыми числами (если не указано другое) и задаются в Асм-подпрограмме — записываются в регистры непосредственно в Асм-подпрограмме через команду MVK. Показать работоспособность подпрограмм на примерах. Протестировать расчет выражений и сопоставить полученные результаты для программы на Ассемблере и Си.

Таблица

№ №	$y = f(x)$	[xm in; xm ax]	№ №	$y = f(x)$	[xm in; xm ax]
1.	$\begin{cases}  x , &  x  \leq 1 \\ 2 - x^2, &  x  > 1 \end{cases}$	-2; +2	6.	$\begin{cases} x^2, & x < 0 \\ x^3, & x \geq 0 \end{cases}$	-3; +2
2.	$\begin{cases} -5x + 8, & x < 2/3 \\ x + 4, & 2/3 \leq x < 3 \\ 5x - 8, & x \geq 3 \end{cases}$	-1; +4	7.	$\begin{cases} -\left(\frac{1}{2}\right)^x, \\ -2^x, \end{cases}$	-4; +4
3.	$\begin{cases} 2x^2 - 5, & x < -3 \\ 3, & -2 \leq x < 3 \\ -2x^2 + 5, & x \geq 3 \end{cases}$	-3; +3	8.	$\begin{cases} x - 3, \\ -x + 3, \\ x + 3, \\ -x - 3, \end{cases}$	-6; +6
4.	$\begin{cases} x - 1, & x \geq 1 \\ -x + 1, & 0 \leq x < 1 \\ x + 1, & -1 \leq x < 0 \\ -x - 1, & x < -1 \end{cases}$	-2; +2	9.	$\begin{cases} 4 - 2x, \\ 2, \\ 2x - 4, \end{cases}$	0; +4
5.	$\begin{cases} x^2 - 3, & -\sqrt{3} < x < \sqrt{3} \\ 3 - x^2, & x > \sqrt{3} \end{cases}$	-3; +3			

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если: - все представленные задания выполнены в полном объеме или имеют не критические недочеты,

не влияющие в целом на работоспособность и конечный результат; - студент оформил соответствующий отчет по работе; - студент успешно ответил на подавляющую часть дополнительных вопросов в рамках защиты работы.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если: - некоторые задания выполнены не в полном объеме и/или имеют не критические недочеты, не влияющие в целом на работоспособность и конечный результат; - студент оформил соответствующий отчет по работе; - студент успешно ответил на большую часть дополнительных вопросов в рамках защиты работы.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если: - выполнена половина или более от общего числа требуемых заданий, при этом некоторые задания могут содержать не критические недочеты, не влияющие в целом на работоспособность и конечный результат; - студент оформил соответствующий отчет по работе; - студент успешно ответил, по крайней мере, на половину дополнительных вопросов в рамках защиты работы. Другая комбинация, если: - выполнена большая часть требуемых заданий, при этом некоторые задания могут содержать весьма существенные замечания и ошибки, влияющие на конечный результат работы программы; - студент оформил соответствующий отчет по работе; - студент успешно ответил, по крайней мере, на половину дополнительных вопросов в рамках защиты работы.

### **КМ-3. Контрольная работа**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа № 2 проводится в очном порядке в компьютерном классе с ПЭВМ. Ответы и решения задач предоставляются студентами на проверку в письменной форме. Каждый вариант билетов контрольной работы включает в себя две части - теоретический вопрос и практическое задание. Допускается выполнение практической части задания непосредственно на ПЭВМ с демонстрацией работоспособного и отлаженного кода программы. Длительность контрольной работы 1-1,5 акад. часа.

#### **Краткое содержание задания:**

Типовое задание контрольной работы состоит из двух частей - теоретического вопроса (см. контрольные вопросы на знания) и практическое задание (см. контрольные вопросы на умения). На теоретический вопрос студенту необходимо предоставить развернутый ответ в письменной форме. Практическое задание требует составления соответствующего кода программы на языках Ассемблер и Си. Его также можно оформить в письменном виде или продемонстрировать преподавателю непосредственно на ПЭВМ (рекомендуется), таким образом, подтвердив корректность выполнения программы в соответствии с условием задания. В этом случае допустимо произвести оценку практической части задания по факту готовности и работоспособности программы (по умолчанию, и теоретическая и практическая части задания проверяются преподавателем после занятий, причем для проверки программного кода преподавателю потребуется самостоятельно выполнить перенос программного кода из рукописного формата в электронный путем его набора в соответствующей среде разработки программного обеспечения для ЦПС). Примеры вариантов заданий по теоретической и практической частям билетов контрольной работы приведены далее.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: архитектуру и внутреннее устройство цифровых процессоров сигналов

1. Перечислите наиболее важные функциональные особенности и составьте классификацию ЦСП семейства TMS320C6xxx (C6000). Основные характеристики ЦСП TMS320C6711/13: производитель, фиксированная или плавающая точка, тактовая частота, тип архитектуры, объем внутренней памяти.
2. Назовите области применения ЦСП подсемейства TMS320C62x. Укажите основные характеристики ЦСП данного подсемейства. Что отличает ЦСП данного подсемейства от ЦСП других подсемейств в рамках семейства TMS320C6000 в целом?
3. Назовите области применения ЦСП подсемейства TMS320C64x и TMS320C64xx в частности. Укажите основные характеристики ЦСП данного подсемейства. Что отличает ЦСП данного подсемейства от ЦСП других подсемейств в рамках семейства TMS320C6000 в целом?
4. Укажите главное назначение и перечислите области применения ЦСП подсемейства DaVinci — TMS320DM64x и TMS320DM64x+ (DM64xx) в частности. Приведите основные характеристики ЦСП данного подсемейства. Что отличает ЦСП подсемейства DaVinci от других ЦСП в семействе TMS320C6000 в целом?
5. Структура и состав АЛУ ЦСП семейства C6xxx. Назначение основных блоков ядра ЦСП, функции, особенности. В чем отличие процессора TMS320C6711 от C6211, и каким образом это сказывается на времени выполнения программ?
6. Какие функции в среде CCS осуществляют ассемблер, компилятор, линкер?
7. Блоки выборки (вызова) команд, распределения (распаковки) инструкций, декодирования инструкций ядра ЦСП семейства C6xxx. Назначение. Функции. Особенности.
8. Функциональные модули ядра ЦСП семейства C6xxx. Назначение, функции, особенности. Правила обращения.
9. Регистры общего назначения (РОН) ядра ЦСП семейства C6xxx. Назначение, функции, особенности. Примеры для ЦСП различных подсемейств и моделей C6xxx.
10. Перечислите основные направления применения ЦСП.
11. В чем заключается отличие модифицированной гарвардской архитектуры от традиционной?
12. Назовите основные производители ЦСП.
13. Перечислите основные параметры и характеристики современных и актуальных моделей ЦСП.

	<p>14.Сформулируйте базовые требования к современным ЦСП.</p> <p>15.Назовите область применения ЦСП семейства TMS320C5xxx (C5000).</p> <p>16.Особенности использования операций сравнения (&lt;, &gt;, =) целочисленного и с плавающей запятой. Возможность заменить операции с плавающей точкой целочисленными.</p>
<p>Уметь: выполнять эксперименты по проверке правильности функционирования программных средств для цифровых процессоров сигналов и поиску в них ошибок</p>	<p>1.Реализовать на языках Ассемблер и Си функцию, вычисляющую следующие выражения:  <math>x =  k - 2  + 2k +  1 - k </math>; <math>y =  k + 3  -  k - 1 </math>; <math>z = \sqrt{1 + k^2}</math>,  где <math>k</math> – целое число. Результаты вычисления функции – числа в формате с плавающей точкой, которые необходимо передавать через глобальные переменные <math>x</math>, <math>y</math> и <math>z</math>, объявленные в основной Си-программе. Константы заданы как целые числа – значения констант записываются непосредственно в регистры в ассемблерной подпрограмме через команды MVKL/H. Показать работоспособность программы на примере. Сопоставить полученные результаты.</p> <p>2.Реализовать на языках Ассемблер и Си следующую функцию:  <math>\sqrt{4x^2 - 4x + 1} / 2x - 1</math>,  где <math>x</math> – целое число – передается как параметр функции. Результат функции – число в формате с плавающей точкой. Константы заданы как целые числа – допускается передавать значение констант в ассемблерную подпрограмму из основной Си-программы через глобальные переменные либо записывать значения непосредственно в регистры в ассемблерной подпрограмме через команды MVKL/H. Показать работоспособность программы на примере. Сопоставить полученные результаты.</p> <p>3.Реализовать на языках Ассемблер и Си функцию, вычисляющую следующие выражения:  <math>x = \sqrt{(a - 1)^2 + (b + 2)^2}</math>; <math>y = \frac{ab}{\sqrt{a^2 + b^2}}</math>,  где <math>a</math>, <math>b</math> – целые числа. Результаты вычисления функции – числа в формате с плавающей точкой, которые необходимо передавать через глобальные переменные <math>x</math> и <math>y</math>, объявленные в основной Си-программе. Константы заданы как целые числа – значения констант записываются непосредственно в регистры в ассемблерной подпрограмме через команды MVKL/H. Показать работоспособность программы на примере. Сопоставить полученные результаты.</p> <p>4.Реализовать на языках Ассемблер и Си следующую функцию:</p>

$$\frac{2}{x-1} + \frac{3}{x-2} + \frac{x^2+12}{x^2-\sqrt{3}}$$

где  $x$  – целое число – передается как параметр функции. Результат функции – число в формате с плавающей точкой. Константы заданы как числа в формате с плавающей точкой – допускается передавать значения констант в ассемблерную подпрограмму из основной Си-программы через глобальные переменные либо записывать значения непосредственно в регистры в ассемблерной подпрограмме через команды MVKL/H (в 16-ой СС, в HEX-формате). Показать работоспособность программы на примере. Сопоставить полученные результаты.

5. Задан массив, содержащий значения некоего сигнала. Число элементов массива  $N$  – нечетное. Требуется произвести замену (перестановку) одной половины элементов массива значений сигнала с другой половиной. Поскольку  $N$  – нечетное, то центральный элемент остается без изменений на своем месте. При этом, в каждой «половине» сигнала аналогичным образом произвести перестановку элементов. Также необходимо вычислить среднее значение сигнала. Выполнить замену центрального элемента массива сигнала на значение элемента с номером  $(N-2m)+1$ , где  $m$  – номер студента в ведомости БАРС. Показать работоспособность программы на примере.

6. Задан массив, содержащий значения некоего сигнала. Найти выборочное среднее значение сигнала по каждому  $(m+1)$ -ому по счету значениям элементов массива сигнала. Найти наибольшее по модулю значение сигнала  $Um$ . Произвести наложение на сигнал низкочастотной гармонической (синусоидальной) составляющей с амплитудой  $Uc > Um$ , при этом в заданное число элементов массива (длина)  $N$  должно укладываться не менее одного периода гармонического сигнала. Произвести инверсию всех значений сигнала. Присвоить значение  $Um$  элементу, номер которого отстоит от конца массива сигнала на  $4m-1$ , где  $m$  – номер студента в ведомости БАРС. Присвоить нулевые значения всем элементам массива, номера которых кратны 3. Показать работоспособность программы на примере.

7. Задан массив, содержащий значения некоего сигнала. Произвести попарную перестановку элементов массива в рамках «окна», которое движется по всем элементам массива от его конца до начала. Определить наименьшее значение сигнала. В его окрестности (относительно порядкового номера в массиве) размером  $(m+4)$  в обе стороны произвести

усиление выбранных значений сигнала в  $3m-1$  раз. Увеличить значение  $U_{min}$  в корень кубический из квадрата  $5m$  раз с инверсией. Здесь  $m$  – номер студента в ведомости БАРС. Показать работоспособность программы на примере.

8. Задан массив, содержащий значения некоего сигнала. Необходимо вычислить среднее значение и среднеквадратическое (действующее) значения сигнала  $U_d$ . После чего, требуется исключить постоянную составляющую из сигнала — из каждого значения сигнала вычитается среднее. Найти наибольшее  $U_{max}$  и наименьшее  $U_{min}$  значения сигнала, размах сигнала  $U_{p-p} = U_{max} - U_{min}$ , не прибегая к использованию для этого специализированных функций  $\max()$ ,  $\min()$  и т.д. Произвести обмен (перестановку) элементов, имеющих значения  $U_{max}$  и  $U_{min}$  соответственно. Значение первого и последнего элементов массива принять равным  $U_d$ . Произвести усиление сигнала в  $\sqrt{m+1}$  раз. Здесь  $m$  – номер студента в ведомости БАРС. Показать работоспособность программы на примере.

9. Реализовать на языке Си функции, вычисляющие следующие выражения:

$$y = \frac{x^2 - 1}{\sqrt{3} - 1} + \frac{x^2}{x - 2} + \frac{5x^2}{3 - x}; \quad z = x^2 + 1 - \frac{x^3 - x}{x - 3}; \quad w = |x^2 - |x| - 12|,$$

где  $x$  – целое число, передачу производить через параметры функций. Результаты вычисления функций – числа в формате с плавающей точкой, являются глобальными, соответственно, функции имеют «пустой» тип, непосредственно не возвращают результат. Показать работоспособность программы на примере.

10. Реализовать на языке Си функции, вычисляющие следующие выражения:

$$y = \sqrt{x + \sqrt{x^2 - x}}; \quad z = x^2 + |x|; \quad w = |x^2 + |x|| - 3; \quad q = x^2 + 5x + 6,$$

где  $x$  – целое число, передачу производить через параметры функций. Результаты вычисления функций – числа в формате с плавающей точкой. Показать работоспособность программы на примере.

11. Реализовать на языке Си функции, вычисляющие следующие выражения:

	$y = \sqrt{4x^2 - 4x + 1} / 2x - 1; \quad z$ $= \sqrt{x^2 + 8x + 16}; \quad w$ $= 5 + \sqrt{x^2 + x + 7}; \quad q$ $=  x^2 + 5 x  + 6 ,$ <p>где <math>x</math> – целое число, передачу производить через параметры функций. Результаты вычисления функций – числа в формате с плавающей точкой, являются глобальными переменными, соответственно, функции имеют «пустой» тип, непосредственно не возвращают результат. Показать работоспособность программы на примере.</p>
--	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Описание характеристики выполнения знания Приоритет имеет практическая часть задания. Оценка "отлично" выставляется, если: - присутствует корректный ответ на теоретический вопрос или он содержит несущественные замечания, например, может быть недостаточно полным; - задача решена в полном объеме или имеет некоторые недочеты, не являющиеся критическими.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Приоритет имеет практическая часть задания. Оценка "хорошо" выставляется, если: - имеется в целом правильный ответ на теоретический вопрос или он содержит серьезные замечания, например, некоторые сформулированные тезисы не являются верными; - задача решена в полном объеме или не полностью соответствует условию задания или имеет некоторые ошибки, не являющиеся критическими.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Приоритет имеет практическая часть задания. Оценка "удовлетворительно" выставляется, если: - имеется в целом правильный ответ на теоретический вопрос или он содержит серьезные замечания, например, некоторые сформулированные тезисы не являются верными; - задача не полностью соответствует условию задания и/или содержит некоторые существенные ошибки. Другой вариант, если: - отсутствует ответ на теоретический вопрос или он в корне неправильный; - задача решена в полном объеме или имеет некоторые ошибки, не являющиеся критическими.

#### КМ-4. Лабораторная работа № 3

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа проводится в компьютерном классе с ПЭВМ - лаборатории высокоскоростных цифровых сигнальных процессоров. На компьютерах должно быть установлено соответствующее программное обеспечение для составления кода программ ЦПС (среда разработки Code Composer Studio версии 5.5). Если занятие проводится в указанной лаборатории, то возможна отладка и тестирование кода программ непосредственно на стендах, оборудованных ЦПС. В противном случае, для выполнения лабораторной работы будет достаточно наличия обозначенного ПО, тогда тестирование и отладка программ производится во встроенном симуляторе работы ЦПС.

**Краткое содержание задания:**

Лабораторная работа заключается в решении ряда задач - составления соответствующего кода программ на языке Ассемблер и/или Си. Задачи могут быть представлены индивидуально для каждого студента группы, так и иметь общее условие для всех студентов с различными вариантами задания. Примеры вариантов заданий приведены далее (см. контрольные вопросы на умения). Выполненные задания необходимо продемонстрировать преподавателю непосредственно на ПЭВМ, таким образом, подтвердив корректность выполнения программы в соответствии с условием задания. По результатам выполнения лабораторной работы требуется оформление отчета в печатной форме, который должен включать непосредственно условие задания, код составленной программы с подробными комментариями, поясняющими те или иные производимые действия. Вместе с этим, рекомендуется составить общий алгоритм работы программы и тезисно привести описание главных особенностей, на которые было обращено внимание при выполнении задания.

Защита лабораторной работы заключается в изложении студентом основных моментов и объяснении логики работы программы в целом. Студент должен продемонстрировать работу программы на ПЭВМ и, тем самым, подтвердить корректность полученных вычислений.

Конечный результат также представить в отчете по работе. Допускается выдача студенту как дополнительных уточняющих вопросов по алгоритму работы программы, так и по пройденному материалу курса (см. контрольные вопросы на знания).

Цель лабораторной работы заключается в следующем:

В ходе выполнения лабораторной работы приобретаются навыки синтеза управляемых программных генераторов сигналов на основе микропроцессоров. Лабораторная работа позволяет изучить основные аспекты применения методов цифровой обработки данных на примере цифровой фильтрации сигналов. Вместе с этим, опционально, возможно использование интегрированных устройств преобразования сигнала в код (на примере реальных физических модулей, входящих в состав оборудования сигнальных процессоров) для построения систем регистрации и сбора данных на основе микропроцессоров. Помимо этого, выполнение лабораторной работы помогает изучить возможности программного управления приведенными интегрированными устройствами преобразования кода в сигнал.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методы и средства цифровой обработки и сигналов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Архитектура процессоров TMS320C67xx: строение центрального процессорного устройства (CPU), периферия.</li> <li>2. Банки регистров общего назначения и соответствующие им блоки и пути данных.</li> <li>3. Методы и способы оптимизации программы (привести примеры).</li> <li>4. В чем заключается отличие модифицированной гарвардской архитектуры от традиционной?</li> <li>5. В чем заключается отличие архитектуры Velocity от традиционной VLIW-архитектуры?</li> <li>6. В чем заключается конвейерный принцип выполнения команд процессора?</li> <li>7. В чем заключается отличие модифицированной гарвардской архитектуры от традиционной? В чем заключается отличие архитектуры Velocity от традиционной VLIW-архитектуры?</li> <li>8. В чем заключается особенность использования в ЦСП операции умножения с накоплением?</li> <li>9. Пути прохождения данных в АЛУ ЦСП семейства Sбxxx. Пути перекрестного доступа. Структура. Особенности.</li> <li>10. Понятие конвейера ядра ЦСП. Принцип работы. Программный автомат</li> </ol>
---	---

<p>Уметь: использовать пути поиска и принятия решений по разработке и программной реализации оптимальных алгоритмов применительно к цифровым процессорам сигналов</p>	<p>(секвенсер команд). Рассмотреть на примере ЦСП семейства С67хх.</p> <p>1. Реализовать программный генератор заданной функциональной зависимости во временной области. Функциональные зависимости для каждой бригады приведены в таблице. Выходные значения генератора зафиксировать в памяти в целочисленном представлении. Построить график зафиксированного в памяти сигнала средствами среды разработки ПО для сигнальных процессоров CCS.</p> <p>Примечание: При выполнении задания рекомендуется использовать программы, разработанные в рамках предыдущих лабораторных занятий.</p> <p>Таблица.</p> <table border="1" data-bbox="403 555 1481 2016"> <thead> <tr> <th data-bbox="403 555 555 622">№ бригады</th> <th data-bbox="555 555 1054 622">Функциональная зависимость</th> <th data-bbox="1054 555 1481 622">Примечание</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="403 622 555 795">1</td> <td data-bbox="555 622 1054 795">Реализовать генерацию пилообразного сигнала (генерация осуществляется как в области положительных значений, так и в области отрицательных значений)</td> <td data-bbox="1054 622 1481 795">Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала</td> </tr> <tr> <td data-bbox="403 795 555 999">2</td> <td data-bbox="555 795 1054 999">Реализовать генерацию синусоидального сигнала (генерация осуществляется как в области положительных значений, так и в области отрицательных значений)</td> <td data-bbox="1054 795 1481 999">Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала</td> </tr> <tr> <td data-bbox="403 999 555 1167">3</td> <td data-bbox="555 999 1054 1167">Реализовать генерацию сигнала треугольной формы (генерация осуществляется только в области положительных значений)</td> <td data-bbox="1054 999 1481 1167">Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала с контролем положительности амплитуды</td> </tr> <tr> <td data-bbox="403 1167 555 1335">4</td> <td data-bbox="555 1167 1054 1335">Реализовать генерацию сигнала трапецеидальной формы (генерация осуществляется только в области положительных значений)</td> <td data-bbox="1054 1167 1481 1335">Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала с контролем положительности амплитуды</td> </tr> <tr> <td data-bbox="403 1335 555 1608">5</td> <td data-bbox="555 1335 1054 1608">Реализовать генерацию сигнала с формой, описываемой уравнениями: на отрезке <math>0 &lt; t &lt; T/4</math>, выход = амплитуда; на отрезке <math>T/4 &lt; t &lt; T</math>, выход = амплитуда / <math>(T/(4 \cdot t))</math>, где <math>T</math> – период сигнала; <math>t</math> – время</td> <td data-bbox="1054 1335 1481 1608">Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала с контролем положительности амплитуды</td> </tr> <tr> <td data-bbox="403 1608 555 1776">6</td> <td data-bbox="555 1608 1054 1776">Реализовать генерацию сигнала с формой модуль синуса (генерация осуществляется только в области положительных значений)</td> <td data-bbox="1054 1608 1481 1776">Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала с контролем положительности амплитуды</td> </tr> <tr> <td data-bbox="403 1776 555 2016">7</td> <td data-bbox="555 1776 1054 2016">Реализовать генератор сигнала с формой, описываемой уравнениями: на отрезке <math>0 &lt; t &lt; T/2</math>, выход = амплитуда <math>\cdot (1 - T/(t))</math>; на отрезке <math>T/2 &lt; t &lt; T</math>, выход = – амплитуда / <math>(1 - T/(t - T/2))</math>, где <math>T</math> – период сигнала; <math>t</math> – время</td> <td data-bbox="1054 1776 1481 2016">Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала</td> </tr> </tbody> </table>	№ бригады	Функциональная зависимость	Примечание	1	Реализовать генерацию пилообразного сигнала (генерация осуществляется как в области положительных значений, так и в области отрицательных значений)	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала	2	Реализовать генерацию синусоидального сигнала (генерация осуществляется как в области положительных значений, так и в области отрицательных значений)	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала	3	Реализовать генерацию сигнала треугольной формы (генерация осуществляется только в области положительных значений)	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала с контролем положительности амплитуды	4	Реализовать генерацию сигнала трапецеидальной формы (генерация осуществляется только в области положительных значений)	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала с контролем положительности амплитуды	5	Реализовать генерацию сигнала с формой, описываемой уравнениями: на отрезке $0 < t < T/4$ , выход = амплитуда; на отрезке $T/4 < t < T$ , выход = амплитуда / $(T/(4 \cdot t))$ , где $T$ – период сигнала; $t$ – время	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала с контролем положительности амплитуды	6	Реализовать генерацию сигнала с формой модуль синуса (генерация осуществляется только в области положительных значений)	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала с контролем положительности амплитуды	7	Реализовать генератор сигнала с формой, описываемой уравнениями: на отрезке $0 < t < T/2$ , выход = амплитуда $\cdot (1 - T/(t))$ ; на отрезке $T/2 < t < T$ , выход = – амплитуда / $(1 - T/(t - T/2))$ , где $T$ – период сигнала; $t$ – время	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала
№ бригады	Функциональная зависимость	Примечание																							
1	Реализовать генерацию пилообразного сигнала (генерация осуществляется как в области положительных значений, так и в области отрицательных значений)	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала																							
2	Реализовать генерацию синусоидального сигнала (генерация осуществляется как в области положительных значений, так и в области отрицательных значений)	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала																							
3	Реализовать генерацию сигнала треугольной формы (генерация осуществляется только в области положительных значений)	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала с контролем положительности амплитуды																							
4	Реализовать генерацию сигнала трапецеидальной формы (генерация осуществляется только в области положительных значений)	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала с контролем положительности амплитуды																							
5	Реализовать генерацию сигнала с формой, описываемой уравнениями: на отрезке $0 < t < T/4$ , выход = амплитуда; на отрезке $T/4 < t < T$ , выход = амплитуда / $(T/(4 \cdot t))$ , где $T$ – период сигнала; $t$ – время	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала с контролем положительности амплитуды																							
6	Реализовать генерацию сигнала с формой модуль синуса (генерация осуществляется только в области положительных значений)	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала с контролем положительности амплитуды																							
7	Реализовать генератор сигнала с формой, описываемой уравнениями: на отрезке $0 < t < T/2$ , выход = амплитуда $\cdot (1 - T/(t))$ ; на отрезке $T/2 < t < T$ , выход = – амплитуда / $(1 - T/(t - T/2))$ , где $T$ – период сигнала; $t$ – время	Предусмотреть возможность изменения постоянной составляющей сигнала																							

2. Сформировать биполярный сигнал прямоугольной формы (меандр).  
 Параметры: скважность импульсов сигнала  $S = 2$  (коэффициент заполнения  $D = 0,5$ ), длительность всего сигнала  $T_c = 4-5 \cdot T$ , где  $T$  — период сигнала; основная частота сигнала  $F = 10$  кГц, амплитуда сигнала  $A = 5$  В; частота дискретизации  $F_d$  в 20 раз выше основной частоты сигнала. Полезный сигнал был отягощен паразитной составляющей – отдельной гармоникой с частотой  $F_p = 1$  кГц и начальной фазой  $\varphi_{ш} = 45^\circ$  относительно полезного сигнала. В данной задаче предлагается подавить указанную вредную составляющую путем фильтрации. Для этой цели следует реализовать простейший цифровой фильтр верхних частот (ФВЧ) – аналог дифференцирующей RC-цепочки. Построить графики сигнала для всех этапов синтеза и обработки сигнала.

3. Сформировать биполярный полигармонический сигнал, состоящий из двух отдельных гармоник (синусоидальных сигналов с различными частотами).  
 Параметры сигнала: амплитуда – 3 В; основная частота сигнала — 1 кГц; диапазон изменения ширины полосы частот пропускания сигнала — от 10 до 50 % от основной частоты сигнала; частоты отдельных гармоник сигнала равноудалены по значению от основной частоты сигнала (можно придерживаться следующего принципа —  $N_1 \cdot T_1 = N_2 \cdot T_2 = T_c$ , где  $N_1$  и  $N_2$  — количество полных периодов первого и второго гармонических сигналов соотв., которые должны произойти в течение заданного интервала наблюдения за сигналом,  $T_1 = 1 / F_1$  и  $T_2 = 1 / F_2$  — периоды гармонических сигналов соотв.,  $F_1$  и  $F_2$  — частоты гармонических сигналов соответственно,  $T_c$  — длительность всего сигнала или интервал наблюдения). На полезный сигнал накладывается паразитный шумовой сигнал, имеющий равномерное распределение. Отношение сигнал-шум – 1:10. Построить графики сигнала для всех этапов его синтеза.

4. Сформировать затухающий гармонический сигнал («эхо») положительной полярности на основе следующей функциональной зависимости:  

$$s(t) = A \cdot e^{-\beta t} \cdot \sin(2\pi F_0 t).$$
 Параметры: частота дискретизации  $F_d = 20$  МГц, длительность всего сигнала  $T_c$  — не менее  $15 \cdot T$ , где  $T$  — период колебаний сигнала; основная частота сигнала  $F_0 = 1$  МГц; постоянная затухания:  

$$\beta = \frac{2\pi F_0}{2Q}$$
 — обратная величина к постоянной времени сигнала, где  $Q = F_0 / B$  — добротность системы (через которую был пропущен данный сигнал), причем  $B$  — ширина полосы пропускания сигнала,  $B = 20$  % относительно  $F_0$ ; амплитуда сигнала  $A = 30$  В. На полезный сигнал накладывается паразитный шумовой сигнал, имеющий нормальное распределение. Отношение сигнал-шум – 1:5. Построить графики сигнала для всех этапов его синтеза.  
 равномерное

5. Сформировать два биполярных сигнала треугольной и гармонической форм с основной частотой 1 кГц. Амплитуды сигналов одинаковые и равны 15 В. Произвести наложение одного сигнала с другим путем суммирования их напряжений. Пропустить полученный сигнал через цифровой фильтр «пробку». Данный режекторный фильтр обладает узко-избирательной амплитудно-частотной характеристикой или рассчитанной на подавление строго определенной частоты – в данном случае, 3 кГц. Порядок фильтра – 2. Частота дискретизации 24 кГц. Длительность исходного сигнала 4 периода. После фильтрации произвести усиление полученного сигнала и смещение по уровню таким образом, чтобы значения напряжения конечного сигнала варьировались бы от -20 до +170 В.

Коэффициенты цифрового фильтра:  $b = 0,9987; -1,4123; 0,9987; a = 1,0000; -1,4123; 0,9973$ .

6. Сформировать униполярный положительный сигнал, имеющий скважность 2 – меандр с основной частотой 3 кГц. Амплитуда исходного сигнала 50 В, частота дискретизации 44 кГц. Длительность исходного сигнала 2 периода. Требуется получить гармонический сигнал – синус путем выделения основной гармоники из меандра. Для этой цели можно применить селективный или полосовой фильтр, однако, вполне достаточно ограничить спектр прямоугольного сигнала сверху, поскольку частоты по значению меньше основной частоты сигнала отсутствуют. Таким образом, использование цифрового фильтра нижних частот является достаточным условием для поставленной задачи. Порядок фильтра – 7. После выполнения фильтрации модифицировать полученный сигнал так, чтобы амплитуда сигнала изменялась от нуля до заданного значения по линейной зависимости в течение времени действия всего сигнала. Конечный сигнал сделать биполярным с амплитудой по напряжению равной 5 В.

Коэффициенты цифрового фильтра:  $b = 0,0000; 0,0003; 0,0008; 0,0014; 0,0014; 0,0008; 0,0003; 0,0000; a = 1,0000; -4,5411; 9,1414; -10,4966; 7,3919; -3,1824; 0,7737; 0,0818$ .

7. Сформировать программным образом на языке Си для ЦСП TMS320C67xx сигнал с указанными в таблице 1 параметрами. Вместе с этим, сформировать шумовой сигнал, имеющий равномерное статистическое распределение значений отсчетов, со следующими свойствами, обозначенными в таблице 2. Произвести наложение паразитного шумового сигнала на исходный полезный сигнал. Применить к заданному сигналу базовые методы ЦОС – цифровую фильтрацию. Характеристики требуемых синтезируемых цифровых фильтров (ЦФ) представлены в таблице 3. Коэффициенты БИХ-ЦФ вычислить с помощью математического пакета MatLab.

Таблица 1.

№ вар.	Амп. сигнала, В	Основная частота, Гц	Частота дискретиз., кГц	Вид сигнала	Полярность	Кол-во периодов повторения	Способ построения*	Дополнительно
1.	-10	200	24	прямоугольный	униполярн., отрицат.	8	табличн.	импульсный, «меандр», скважность = 2
2.	3	1000±100	48	полигармонический	биполярн.	4	встроен.	2 гармоник и синуса, симметричн. располож. относ. $f_0$
3.	10; 5	120; 1200	32	полигармонический	униполярн., положит.	1	табличн.	2 гармоник и синуса
4.	21	125	8	ступенчатый	униполярн.	5	табличн.	нарастаю

				й	ярн., полож ит.		н.	щий, 7 ступенек равной высоты
5.	30	500	16	пилообразн ый	унипол ярн., полож ит.	7	пользо в.	убывающ ий
6.	15	1000	24	гармоничес кий	биполя рн.	3	встроен .	синус
7.	50	800	32	гармоничес кий	биполя рн.	2	аппрок с.	$ U_{max}  >  U_{min} ;$ $U_{p-p} =  U_{max}  +  U_{min} ;$ $ U_{max}  = 0,6 \cdot U_{p-p};$ $ U_{min}  = 0,4 \cdot U_{p-p}.$
8.	-12	400	48	треугольны й	унипол ярн., отрица т.	4	пользо в.	$t1 = 0,4T;$ $t2 = 0,6T;$ $T = t1 + t2.$
9.	5; 8; 3	500; 2000; 5000	96	полигармон ический	биполя рн.	2	аппрок с.	3 гармоник и синуса
* — возможные способы построения функциональной зависимости: табличный – задается набор опорных значений функции, соответствующий элементарному участку повторяющейся последовательности (1 полный период, полпериода, ... ); встроенная – используется стандартная математическая функция, имеющаяся в составе средства разработки; аппроксимация – выражение функции путем вычисления соответствующего аппроксимационного полинома (см. разложение в ряд Тейлора); пользовательский – составление пользователем собственной подпрограммы в виде описания требуемого аналитического выражения.								

Таблица 2.

№ вар.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Отношение сигнал-шум (для 1-ой гармоники)	1:5	1:3	1:10	1:42	1:15	1:3	1:5	1:6	1:2

Таблица 3.

№ ва р.	Частот ная хар-ка ЦФ	Част ота среза , Гц	Пульсации в полосе пропускания/по давления сигнала, дБ	Тип ЦФ		Поря док ЦФ	Оконн ая (весов ая) функц ия	Допо лн.
				КИ	Х			
1.	НЧ	500	—	КИ	—	46	Хэнн	
2.	ПП	800; 1200	—	КИ	—	52	Блэкманн	
3.	ПЗ	1000; 1600	—	КИ	—	64	Блэкманн-Харри	

							с	
4.	НЧ	150	20	БИ Х	Чебышев 1-ого рода	14	—	
5.	ПП	300; 1700	—	КИ Х	—	38	Хемминг	
6.	НЧ	1200	10	БИ Х	Баттерворт	18	—	
7.	ВЧ	1000	15	БИ Х	Эллиптический	22	—	
8.	НЧ	1350	30	БИ Х	Чебышев 2-ого рода	16	—	
9.	ПЗ	4600; 5400	—	КИ Х	—	70	Бартлетт	

8. Реализовать подпрограммы-функции, вычисляющие следующие выражения:

$$f_1(x) = \sin(x); \quad f_2(x) = x; \quad f_3(x) = [x]; \quad f_4(x) = \sin(|x|),$$

где  $x$  — находится в пределах от  $-7\pi$  до  $+7\pi$  с шагом  $0,2\pi$  и выражено в радианах, задается в виде массива значений в основной Си-программе и передаются в Асм-подпрограмму через указатель массива как параметр функции. Расчет синуса реализуется на основе следующего аппроксимирующего полинома:

$$\sin(z) \cong z - \frac{z^3}{3!} + \frac{z^5}{5!} - \frac{z^7}{7!} + \frac{z^9}{9!},$$

где  $z$  — выражено в радианах. Значения факториалов, участвующих в формуле, можно вычислить заранее с помощью калькулятора и задать в программе как коэффициенты-константы. Дополнительно определить следующие выражения в основной Си-программе на основе Асм-подпрограмм:

$$\begin{aligned} f_5(x) &= f_1(x) + f_2(x); \quad f_6(x) = f_1(x) + f_3(x); \\ f_7(x) &= f_2(x) + f_4(x); \quad f_8(x) = f_3(x) + f_4(x); \\ f_9(x) &= f_1(x) + f_4(x); \quad f_{10}(x) = 2 \cdot f_1(x) + f_4(x); \\ f_{11}(x) &= |f_{10}(x)|. \end{aligned}$$

Построить графики полученных функций. Проверить результаты вычисления Асм-функций в основной Си-программе.

9. Реализовать функцию  $\text{sinc}(x) = \sin(x)/x$ . Сформировать на её основе сигнал требуемой формы. Параметры: частота дискретизации –  $F_d = 1$  кГц, 10 точек на половину периода; амплитуда сигнала  $A = 15$  В; постоянная составляющая – 2 В; диапазон изменения  $x$  – от  $-5\pi$  до  $+4\pi$ . Функция расчета синуса реализуется в Си на основе следующего аппроксимирующего полинома:

$$\sin(z) \cong z - \frac{z^3}{3!} + \frac{z^5}{5!} - \frac{z^7}{7!} + \frac{z^9}{9!},$$

где  $z$  — выражено в радианах. Значения факториалов, участвующих в формуле, допускается вычислить заранее с помощью калькулятора и задать в программе как коэффициенты-константы. Предусмотреть неопределенность при делении на ноль. Показать работоспособность программы на примере. Построить график сигнала.

10. Составить подпрограммы вычисления функции  $F(x)$  и её производной  $F'(x)$ :

$$F(x) = x \cdot \sin(x^2); \quad F'(x) = \sin(x^2) + 2 \cdot x^2 \cdot \cos(x).$$

Диапазон изменения параметра  $x$  – от  $-3$  до  $+5$ . Функции расчета синуса и

косинуса реализуются в Си на основе следующих аппроксимирующих полиномов:

$$\begin{aligned} \sin(z) &\cong z - \frac{z^3}{3!} + \frac{z^5}{5!} - \frac{z^7}{7!} + \frac{z^9}{9!}; \\ &\cong 1 - \frac{z^2}{2!} + \frac{z^4}{4!} - \frac{z^6}{6!} + \frac{z^8}{8!}, \end{aligned}$$

где  $z$  — выражено в радианах. Значения факториалов, участвующих в формулах, допускается вычислить заранее с помощью калькулятора и задать в программе как коэффициенты-константы. Показать работоспособность программ на примере. Построить графики функций.

11. Реализовать на языке Ассемблера функцию расчета тангенса на основе следующего аппроксимирующего полинома:

$$\operatorname{tg}(x) \cong x + \frac{x^3}{3!} + 2 \cdot \frac{x^5}{15} + 17 \cdot \frac{x^7}{315} + 62 \cdot \frac{x^9}{2835},$$

$x$  — находится в пределах от  $-\pi/2$  до  $+\pi/2$  и выражено в радианах.

Сформировать новый массив значений элементов на базе исходного массива  $x$  (в радианах) путем поэлементного вычисления заданной функции. Значения факториалов, участвующих в формуле, можно вычислить заранее с помощью калькулятора и задать в программе как коэффициенты-константы. Показать работоспособность программы на примере.

12. Реализовать на языке Си функцию расчета гиперболического косинуса на основе аппроксимирующего полинома, полученного с помощью разложения исходной функции в ряд:

$$\operatorname{ch}(x) \cong \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n)!} x^{2n}.$$

При вычислении ограничить степень разложения аппроксимирующей функции, равной 4.

Рассчитайте значение заданной функции при  $x = 1,27$ . Сформируйте массив значений аргумента функции  $x$  в диапазоне  $[-5; 5]$ . Подтвердите работоспособность программы на примере путем передачи значений исходного массива  $x$  и поэлементного вычисления заданной функции.

Результат – массив  $y$  значений функции одинаковый с  $x$  длины.

Примечание: факториал числа  $n$  можно представить в виде следующего выражения:

$$n! = \prod_{k=1}^n k$$

Иначе формулу факториала можно записать как  $n! = n \cdot (n-1)!$ , но  $0! = 1$ .

13. Закодировать на языке Си подпрограмму расчета следующей функции  $f(x)$ , состоящей из двух частей, на основе соответствующих аппроксимирующих полиномов, полученных с помощью разложения исходной функции в ряд:

$$\begin{aligned} f(x) &= f_1(x) \div f_2(x) = \frac{x+1}{(x-1)^2 \cdot (x+2)} \div \frac{2x-1}{x+2}; \\ &\cong \frac{1}{9} \sum_{n=0}^{\infty} \left[ 6n + 5 + \frac{(-1)^{n+1}}{2^{n+1}} \right] \cdot x^n, \quad |x| < 1; \\ &\cong 5 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot x^n}{2^{n+1}} - \frac{1}{2}, \quad |x| < 2. \end{aligned}$$

При вычислении ограничить степень разложения аппроксимирующей функции, равной 5. Предусмотреть проверку обозначенного условия для всех

значений  $x$ .

Показать работоспособность программы на примере и произвести проверку корректности проводимых вычислений в соответствии с комбинацией стандартных математических операторов.

14. Реализовать на языке Си функцию расчета арксинуса на основе аппроксимирующего полинома, полученного с помощью разложения исходной функции в ряд:

$$\arcsin(x) \cong \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n)!}{4^n \cdot (n!)^2 \cdot (2n+1)} x^{2n+1}, \quad |x| \leq 1.$$

При вычислении ограничить степень разложения аппроксимирующей функции, равной 7. Предусмотреть проверку обозначенного условия для всех значений  $x$ .

На основе заданной функции вычислите следующие выражения:

$$\arcsin(0,8) + \arcsin\left(\frac{4}{5}\right) + \arcsin\left(\frac{5}{13}\right) + \arcsin\left(\frac{16}{65}\right); \quad \arcsin\left(\frac{\sqrt{10}}{4}\right).$$

15. Реализовать следующее выражение в виде сложносоставной функции на языке Си. Числовые константы передавать в функцию как аргументы. Номер выражения соответствует порядковому номеру студента в журнале.

Протестировать программу.

$$\begin{aligned} f_1(x) &= 8 \left( \frac{x^3 + 1}{(x+1) \cdot (x^2 - 1)} + \frac{2}{x+1} - \frac{x}{x^2 - 1} \right); f_2(x) \\ &= \left( \frac{(x+2)^2}{x-2} - \frac{8x \cdot (x+1)}{x^2 - x - 1} + 2^5 + 4 \right)^2; f_3(x) \\ &= \left( \frac{x^2 - 2x + 4}{(x-2) \cdot (x+2)} + \frac{4}{x+2} - \frac{2x}{x^2 - 4} \right) \cdot (x - 25\sqrt{x}); f_4(x) \\ &= \left[ \frac{2x + \sqrt{5}}{2x - \sqrt{5}} - \left( \frac{2 + \sqrt{5}x^{-1}}{2 - \sqrt{5}x^{-1}} \right)^{-1} \right]^{-1} \cdot \frac{(x^2 + x)\sqrt{20}}{x - \sqrt{5} + \sqrt{6} + \sqrt{20}}; f_5(x) \\ &= \frac{x + \sqrt{5x}}{\sqrt{x} + \sqrt{5}} - \frac{x - 5}{\sqrt{x} - \sqrt{5}} - x^2 + 2x + \sqrt{5}; f_6(x) \\ &= \left( \frac{x^2 + x}{x^2 - 1} + \frac{x - 2}{x - 1} \right) (x^2 + 4x + 50); f_7(x) \\ &= \left( x^2 + \frac{3x^2}{x-1} \right) \left( 1 - \frac{3}{x+2} \right) + \left( \frac{3x^2}{x+1} - x^2 \right) \left( \frac{3}{x-2} - 1 \right); f_8(x) \\ &= 0,25\sqrt{x} + \frac{(x^4 - 1)(x^{-2} - 1)}{x^2 - x^{-4}} \left( \frac{x^4}{(x^2 + 1)^2 - 3x^2} \right)^{-1}; f_9(x) \\ &= \frac{(x-1)^2}{x+1} + \frac{4(x-1)^2 + 9\sqrt[3]{2}(x-1)}{x^2 - 1}. \end{aligned}$$

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если: - все представленные задания выполнены в полном объеме или имеют не критические недочеты, не влияющие в целом на работоспособность и конечный результат; - студент оформил соответствующий отчет по работе; - студент успешно ответил на подавляющую часть дополнительных вопросов в рамках защиты работы.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если: - некоторые задания выполнены не в полном объеме и/или имеют не критические недочеты, не влияющие в целом на работоспособность и конечный результат; - студент оформил соответствующий отчет по работе; - студент успешно ответил на большую часть дополнительных вопросов в рамках защиты работы.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если: - выполнена половина или более от общего числа требуемых заданий, при этом некоторые задания могут содержать не критические недочеты, не влияющие в целом на работоспособность и конечный результат; - студент оформил соответствующий отчет по работе; - студент успешно ответил, по крайней мере, на половину дополнительных вопросов в рамках защиты работы. Другая комбинация, если: - выполнена большая часть требуемых заданий, при этом некоторые задания могут содержать весьма существенные замечания и ошибки, влияющие на конечный результат работы программы; - студент оформил соответствующий отчет по работе; - студент успешно ответил, по крайней мере, на половину дополнительных вопросов в рамках защиты работы.

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

#### Пример билета

Типовое задание аттестационного мероприятия состоит из двух частей – теоретического вопроса и практическое задание (см. пункт «вопросы, задания и умения»). На теоретический вопрос студенту необходимо предоставить развернутый ответ в письменной форме. Практическое задание требует составления соответствующего кода программы на языке Ассемблер и/или Си. Его также можно оформить в письменном виде или продемонстрировать преподавателю непосредственно на ПЭВМ (рекомендуется), таким образом, подтвердив корректность выполнения программы в соответствии с условием задания.

Правильность сформулированного студентом ответа на теоретический вопрос устанавливается преподавателем непосредственно в процессе взаимодействия со студентом. Практическая часть задания проверяется по факту готовности и работоспособности программы. В случае предоставления студентом кода программы в рукописном формате допускается визуальный анализ кода преподавателем на предмет ошибок без непосредственного его исполнения в среде CCS на ПЭВМ.

Итоговая оценка за зачет выставляется на основании комплексной проверки текущих знаний и умений студента в рамках теоретической и практической частей аттестационного задания. В течение опроса и работы со студентом возможна (и рекомендуется) выдача студенту дополнительных уточняющих вопросов по алгоритму работы реализованной им программы, так и по всему пройденному материалу курса.

Примеры вариантов контрольных вопросов по теоретической и заданий по практической частям билетов аттестационного мероприятия (зачет) приведены далее – см. пункт «вопросы, задания, билеты».

#### Процедура проведения

Промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой проводится в очном порядке в компьютерном классе с ПЭВМ. Ответы и решения задач предоставляются студентами на проверку в письменной форме. Каждый вариант билетов аттестационного мероприятия включает в себя две части – теоретический вопрос и практическое задание. Допускается выполнение практической части задания непосредственно на ПЭВМ с установленной средой разработки программного обеспечения для сигнальных процессоров TMS320C67xx – Code Composer Studio (версия 5.5) с демонстрацией работоспособного и отлаженного кода программы. Длительность зачета составляет 2 акад. часа.

#### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание методов анализа и синтеза линейных и нелинейных электрических, электронных, цифровых систем

#### Вопросы, задания

1. Контрольное задание № 7.

Реализовать на Ассемблере функцию  $y(x)$ , где  $x$  — выражается в радианах (для п.п.1-5) и задается в виде переменной одного значения в основной Си-программе.

Тригонометрические функции (п.п.1-5) и функция натурального логарифма (п.6)

реализуется в Си-программе на основе аппроксимирующего полинома, где  $z$  — выражено в радианах (для п.п. 1-5);  $z$  должно удовлетворять условию (если указано). Значения факториалов, участвующих в формуле, можно вычислить заранее с помощью калькулятора и задать в программе как коэффициенты-константы. Показать работоспособность программы на примере.

$$1) y(x) = \sin(5x - 2x^2 + 3), \sin(z) \cong z - \frac{z^3}{3!} + \frac{z^5}{5!} - \frac{z^7}{7!} + \frac{z^9}{9!};$$

$$2) y(x) = \sin(2x^2 + 5x), \sin(z) \cong z - \frac{z^3}{3!} + \frac{z^5}{5!} - \frac{z^7}{7!} + \frac{z^9}{9!};$$

$$3) y(x) = \sin(x^2 + 5x + 2), \sin(z) \cong z - \frac{z^3}{3!} + \frac{z^5}{5!} - \frac{z^7}{7!} + \frac{z^9}{9!};$$

$$4) y(x) = \cos(7x^3 - 5x^2), \cos(z) \cong 1 - \frac{z^2}{2!} + \frac{z^4}{4!} - \frac{z^6}{6!} + \frac{z^8}{8!};$$

$$5) y(x) = \operatorname{tg}(17 + 5x^2), \operatorname{tg}(z) \cong z + \frac{z^3}{3!} + \frac{2 \cdot z^5}{15} + \frac{17 \cdot z^7}{315} + \frac{62 \cdot z^9}{2835}, -\frac{\pi}{2} < z < \frac{\pi}{2};$$

$$6) y(x) = \ln(x^2 + 2x + 2), \ln(z) \cong \frac{2 \cdot (z-1)}{(z+1)} \cdot \left[ 1 + \frac{(z-1)^2}{3 \cdot (z+1)^2} + \frac{(z-1)^4}{5 \cdot (z+1)^4} + \frac{(z-1)^6}{7 \cdot (z+1)^6} \right], z > 0.$$

2. Контрольный вопрос № 17. Понятие цифровой обработки сигналов. Какие операции могут выполняться аппаратно в цифровых сигнальных процессорах? Отличия реализации в ЦСП команд с фиксированной и плавающей арифметикой. Преимущества и недостатки.

3. Контрольный вопрос № 18. Базовые алгоритмы цифровой обработки сигналов и их аппаратно-программная имплементация. Типовые задачи применения ЦСП: математическая свертка, фильтрация, БПФ, корреляционная обработка.

4. Контрольный вопрос № 20. Основные принципы построения систем сбора и обработки данных. Регистрация аналоговых сигналов. Дискретизация и квантование. Аппаратные и математические ограничения. Представление данных в цифровой форме.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Вопрос 3.1. Процесс преобразования из аналогового сигнала в цифровой характеризуют как:

Ответы:

1) дискретизация (во времени) 2) дискретизация (по уровню сигнала) 3) квантование (по времени или по уровню сигнала) 4) дискретизация во времени и квантование по уровню сигнала

Верный ответ: № 4) дискретизация во времени и квантование по уровню сигнала

2. Вопрос 3.3. Выберите корректное определение термина "цифровой сигнал":

Ответы:

1) это сигнал дискретный во времени и имеющий бесконечное множество значений 2) это сигнал дискретный во времени и квантованный по значениям 3) это сигнал непрерывный во времени и имеющий бесконечное множество значений 4) это сигнал непрерывный во времени и квантованный по значениям

Верный ответ: № 2) это сигнал дискретный во времени и квантованный по значениям

3. Вопрос 3.2. Выберите корректное определение термина "аналоговый сигнал":

Ответы:

1) это сигнал дискретный во времени и имеющий бесконечное множество значений 2) это сигнал дискретный во времени и квантованный по значениям 3) это сигнал непрерывный во времени и имеющий бесконечное множество значений 4) это сигнал непрерывный во времени и квантованный по значениям

Верный ответ: № 3) это сигнал непрерывный во времени и имеющий бесконечное множество значений

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Демонстрирует знание принципов построения вычислительных машин, систем и сетей, методов оценки их функционирования

### Вопросы, задания

1. Контрольный вопрос 2. Структура DSP. Отличие DSP от микроконтроллеров. Фон-Неймановская архитектура. Гарвардская архитектура. Симуляторы и эмуляторы.
2. Контрольный вопрос № 5. В чем заключается различие функциональных блоков (вычислительных модулей) ядер ЦСП подсемейств TMS320C62xx и TMS320C67xx ?
3. Контрольный вопрос № 1. Сформулируйте определение цифровой обработки сигналов. Что означает “реальный масштаб времени”? Перечислите типовые задачи, решаемые ЦСП, и основные направления применения ЦСП.

4. Контрольное задание № 1.

Закодировать на языке Ассемблер одну из из следующих задач:

- 1) Создать в Ассемблере массив значений с плавающей запятой. Вычислить в ассемблере массив значений заданной функции, сохранить в памяти и построить график средствами среды CCS.
- 2) Создать в Ассемблере целочисленный массив, сохранить его в памяти, найти сумму элементов массива, среднее из элементов массива.
- 3) Организовать массив случайных целочисленных/с плавающей запятой данных в Си-программе, передать его в Ассемблерную подпрограмму и найти наименьший/наибольший элемент.
- 4) Написать программу для нахождения экстремума функции  $y(x)$  с заданным шагом по  $x$ .

Примечания:

Задание необходимо реализовать в виде функции на языке Ассемблер. В основной Си-программе осуществляется только вызов Асм-функции и объявление необходимых констант. Программа, написанная на языке Ассемблер, должна быть оптимизирована по методу наибольшей производительности и наименьшего размера кода (приоритет - производительность). Вывод результатов выполнения программы производится в основной Си-программе.

5. Контрольный вопрос № 19. Термины “микроконтроллер” и “микропроцессор”. Функциональные особенности и различия. Типовые области применения. Примеры. Что можно считать цифровым сигнальным процессором?
6. Контрольный вопрос № 21. Современные ЦСП. Основные характеристики и схемотехнические особенности. Области применения ЦСП на примере семейств C2000, C5000, C6000 компании Texas Instruments.
7. Контрольный вопрос № 23. Среда Code Composer Studio. Отладка кода программ. Просмотр состояния переменных и регистров цифрового сигнального процессора.
8. Контрольный вопрос № 24. Среда Code Composer Studio. Состав программного пакета. Ассемблер. Компилятор. Линкер. Порядок вызова исполняемой программы.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Вопрос 1.1

Какой тип электронного устройства лучшим образом удовлетворяет следующему направлению применения? (функция сбора данных и передачи информации).

Ответы:

1. микроконтроллер 2. микропроцессор
- Верный ответ: № 1. микроконтроллер

2. Вопрос 1.2

Какой тип электронного устройства лучшим образом удовлетворяет следующему направлению применения? (обработка данных в режиме реального времени).

Ответы:

1. микроконтроллер 2. микропроцессор

Верный ответ: № 2. микропроцессор

3. Вопрос 1.3

Какой тип электронного устройства лучшим образом удовлетворяет следующему направлению применения? (контроль и управление различными процессами).

Ответы:

1. микроконтроллер 2. микропроцессор

Верный ответ: № 1. микроконтроллер

4. Вопрос 4.1

Какой тип архитектуры цифровых сигнальных процессоров наиболее широко используется в современных представителях сигнальных процессоров?

Ответы:

1. Фон-Неймановская 2. Гарвардская 3. Модифицированная гарвардская

Верный ответ: № 3. Модифицированная гарвардская

5. Вопрос 4.2

Какой из стандартных типов архитектуры процессоров наиболее характерен для современных цифровых сигнальных процессоров?

Ответы:

1. CISC 2. RISC 3. MIPS 4. VLIW

Верный ответ: № 4. VLIW

6. Вопрос 2.1

Какие из перечисленных областей применения наилучшим образом соответствуют функциональному назначению следующего семейства цифровых сигнальных процессоров - TMS320C2000 (C2800) ?

Ответы:

1. управление электроприводом, контроллеры солнечных батарей, драйверы LED освещения, измерительные приборы и т.д. 2. обработка аудиоданных, голоса и речи, наложение звуковых эффектов 3. сжатие изображений, распознавание образов, работа с сигналами разного рода 4. кодирование и декодирование видео, высокоскоростная и высокопроизводительная обработка сигналов

Верный ответ: № 1. управление электроприводом, контроллеры солнечных батарей, драйверы LED освещения, измерительные приборы и т.д.

7. Вопрос 2.2

Какие из перечисленных областей применения наилучшим образом соответствуют функциональному назначению следующего семейства цифровых сигнальных процессоров - TMS320C5000 (C5400, C5500) ?

Ответы:

1. управление электроприводом, контроллеры солнечных батарей, драйверы LED освещения, измерительные приборы и т.д. 2. обработка аудиоданных, голоса и речи, наложение звуковых эффектов 3. сжатие изображений, распознавание образов, работа с сигналами разного рода 4. кодирование и декодирование видео, высокоскоростная и высокопроизводительная обработка сигналов

Верный ответ: № 2. обработка аудиоданных, голоса и речи, наложение звуковых эффектов

8. Вопрос 2.3

Какие из перечисленных областей применения наилучшим образом соответствуют функциональному назначению следующего семейства цифровых сигнальных процессоров - TMS320C6700 ?

Ответы:

1. управление электроприводом, контроллеры солнечных батарей, драйверы LED освещения, измерительные приборы и т.д. 2. обработка аудиоданных, голоса и речи, наложение звуковых эффектов 3. сжатие изображений, распознавание образов, работа с

сигналами разного рода 4. кодирование и декодирование видео, высокоскоростная и высокопроизводительная обработка сигналов

Верный ответ: № 3. сжатие изображений, распознавание образов, работа с сигналами разного рода

9. Вопрос 2.4

Какие из перечисленных областей применения наилучшим образом соответствуют функциональному назначению следующих семейств цифровых сигнальных процессоров - TMS320C6400 и TMS320DM64x (DaVinci) ?

Ответы:

1. управление электроприводом, контроллеры солнечных батарей, драйверы LED освещения, измерительные приборы и т.д. 2. обработка аудиоданных, голоса и речи, наложение звуковых эффектов 3. сжатие изображений, распознавание образов, работа с сигналами разного рода 4. кодирование и декодирование видео, высокоскоростная и высокопроизводительная обработка сигналов

Верный ответ: № 4. кодирование и декодирование видео, высокоскоростная и высокопроизводительная обработка сигналов

10. Вопрос 6.12

Какая ширина разрядности (бит) одного «полуслова» характерна для процессоров семейства C6000 ?

Ответы:

1) 8 2) 16 3) 32 4) 64 5) 128

Верный ответ: № 2) 16

11. Вопрос 6.11

Какая ширина разрядности (бит) одного полного «слова» характерна для процессоров семейства C6000 ?

Ответы:

1) 8 2) 16 3) 32 4) 64 5) 128

Верный ответ: № 3) 32

12. Вопрос 6.13

Какая ширина разрядности (бит) одного «двойного слова» характерна для процессоров семейства C6000 ?

Ответы:

1) 16 2) 32 3) 64 4) 128 5) 256

Верный ответ: № 3) 64

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1пк-3 Демонстрирует знание принципов построения ЭВМ, микропроцессорных систем и вычислительных систем различного назначения

### Вопросы, задания

1. Контрольный вопрос № 15. Память, загрузка, сохранение. Команды. Особенности. Перекрестный доступ. Контроллер ПДП (DMA). Назначение. Функции. Особенности. Применение.

2. Контрольный вопрос № 16. Пути прохождения данных в АЛУ ЦСП семейства C6xxx. Пути перекрестного доступа. Структура. Особенности.

3. Контрольный вопрос № 7. Функциональные модули ядра ЦСП семейства C6xxx. Назначение, функции, особенности. Правила обращения.

4. Контрольный вопрос № 11. Работа конвейера ядра ЦСП. Поток конвейера. Стадии и фазы (показать на простом примере).

5. Контрольный вопрос № 10. Понятие конвейера ядра ЦСП. Принцип работы. Программный автомат (секвенсер команд). Рассмотреть на примере ЦСП семейства C67xx.

6. Контрольный вопрос № 3. Традиционная и модифицированная гарвардская архитектуры. Архитектура VLIW ("с очень длинным словом") и Velocity. Сравнение и отличия.
7. Контрольный вопрос № 6. Регистры общего назначения (РОН) ядра ЦСП семейства Сбxxx. Назначение, функции, особенности. Примеры для ЦСП различных подсемейств и моделей Сбxxx.
8. Контрольный вопрос № 9. Адресация к памяти. Способы задания смещения. Особенности выполнения инструкций LD и ST.
9. Контрольный вопрос № 14. Блоки выборки (вызова) команд, распределения (распаковки) и декодирования инструкций ядра ЦСП семейства Сбxxx. Назначение. Функции. Особенности.
10. Контрольный вопрос № 4. Структура и состав АЛУ ЦСП семейства Сбxxx. Назначение основных блоков ядра ЦСП, функции, особенности.
11. Контрольное задание № 2.  
Реализовать на языке Ассемблер подпрограмму, вычисляющую значение функции. Значения переменных  $a$ ,  $b$ ,  $x$ ,  $y$  имеют формат числовых данных с плавающей запятой, объявляются в основной Си-программе и передаются в Асм-подпрограмму через регистры ядра процессора С671х – А1, В1, А4, В4 соотв. Константы добавляются в Асм-подпрограмму через команду MVK. Вызов Асм-функции осуществляется из основной Си-программы. Вывод результатов выполнения программы производится в основной Си-программе. Программа, написанная на языке Ассемблер должна быть оптимизирована по методу наибольшей производительности и наименьшего размера кода (приоритет - производительность).
- 1)  $(a + b) \cdot (a - b + 1) - (a - b) \cdot (a + b - 1)$ ;
  - 2)  $(a + 3b) \cdot (a + b + 2) - (a + b) \cdot (a + 3b + 2)$ ;
  - 3)  $(x + 2)^2 - 2 \cdot (x + 2) + 1$ ;
  - 4)  $a \cdot (a + 2) - (b - 1) \cdot (b + 1)$ ;
  - 5)  $4b \cdot (5a - b) - (5a - 2) \cdot (5a + 2)$ ;
  - 6)  $(a - 2b) \cdot (a + 2b) \cdot (a^2 + b^2)$ ;
  - 7)  $2 \cdot (1 + (3x + x^2) \cdot (3 + x))$ ;
  - 8)  $(a + b)^2 - 4ab$ ;
  - 9)  $5a^2 - 5ab + 15a - 15b$ ;
  - 10)  $2a^2 + 3a - 2ab - 3b$ ;
  - 11)  $5x^2 + 5xy - 10x + 10y$ ;
  - 12)  $4a^2 - 10a + 4ab - 10b$ .
12. Контрольный вопрос № 22. Среда Code Composer Studio разработки программного обеспечения для цифровых сигнальных процессоров семейства TMS320C6000. Базовый функционал.
13. Контрольный вопрос № 25. Среда Code Composer Studio. Основные настройки. Создание проекта. Возможности отладки кода программ.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Вопрос 6.5

На каком из следующих функциональных блоков процессора С67х могут быть исполнены команды умножения?

Ответы:

1) .D 2) .L 3) .M 4) .S

Верный ответ: № 3) .M

2. Вопрос 6.7

Сколько регистровых файлов имеется в составе ядра процессора С67х ?

Ответы:

1) 1 2) 2 3) 3 4) 4 5) 0 (ни одного)

Верный ответ: № 2) 2

### 3. Вопрос 7.1

Расставьте приоритет с помощью стрелочек в каком порядке (сверху вниз) производится вызов инструментов среды CCS разработки программного обеспечения для сигнальных процессоров TMS320C6000 при сборке и трансляции кода программы?

Ответы:

1) Ассемблер 2) Компилятор 3) Линкер

Верный ответ: 2, 1, 3

### 4. Вопрос 6.4

Возможно ли параллельное исполнение инструкций на разных функциональных блоках процессора C67x в течение одного такта работы?

Ответы:

1. да 2. нет

Верный ответ: № 1. да

### 5. Вопрос 6.3

Возможно ли параллельное исполнение инструкций на одном функциональном блоке процессора C67x в течение одного такта работы?

Ответы:

1. да 2. нет

Верный ответ: № 2. нет

### 6. Вопрос 6.2

Операции с числами какого типа могут выполняться на аппаратном уровне для процессоров TMS320C62xx ?

Ответы:

1. только с фиксированной запятой 2. только с плавающей запятой 3. с фиксированной и с плавающей запятой

Верный ответ: № 1. только с фиксированной запятой

### 7. Вопрос 6.1

Операции с числами какого типа могут выполняться на аппаратном уровне для процессоров TMS320C67xx ?

Ответы:

1. только с фиксированной запятой 2. только с плавающей запятой 3. с фиксированной и с плавающей запятой

Верный ответ: № 3. с фиксированной и с плавающей запятой

### 8. Вопрос 7.2

Какие функциональные возможности предоставляет среда разработки программного обеспечения Code Composer Studio для процессоров C6x ?

Ответы:

1) составление кода программ на языке Assembler, C; отладка, отображение численных данных и графической информации 2) составление кода программ на языке Assembler; отладка, отображение численных данных и визуализация графической информации 3) составление кода программ на языке C, MicroPython; отладка, отображение численных данных и графической информации 4) составление кода программ на языке Assembler, C, MicroPython; отладка и отображение численных данных

Верный ответ: № 1) составление кода программ на языке Assembler, C; отладка, отображение численных данных и графической информации

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-3 Осуществляет выбор и конфигурирование аппаратной платформы для вычислительных систем различного назначения

### Вопросы, задания

1. Контрольный вопрос № 13. Опкод инструкции. Выборка инструкции из памяти.

2.Контрольный вопрос № 12. Фазы выполнения инструкций. Причины необходимости использовать NOP после некоторых инструкций (привести 3 примера). Способы избежать избыточного использования NOP (привести примеры).

3.Контрольный вопрос № 8. Условное выполнение инструкций.

4.Контрольное задание № 3.

Реализовать на языках Ассемблер и Си функцию, вычисляющую следующие выражения:

$$1) x = \sqrt{(a-1)^2 + (b+2)^2}; y = \frac{ab}{\sqrt{a^2+b^2}};$$

$$2) x = (a+2b)^2 - (a-3b)^2; y = 5b - 5\sqrt{3}a,$$

где  $a, b$  – целые числа. Результаты вычисления функции – числа в формате с плавающей точкой, которые необходимо передавать через глобальные переменные  $x$  и  $y$ , объявленные в основной Си-программе. Константы заданы как целые числа – значения констант записываются непосредственно в регистры в самой ассемблерной подпрограмме через команду MVKL/H. Показать работоспособность программы на примере. Сопоставить полученные результаты.

5.Контрольное задание № 4.

Реализовать на языках Ассемблер и Си функцию, вычисляющую следующие выражения:

$$1) y = \sqrt{x^2 + 8x + 16}; z = 5 + \sqrt{x^2 + x + 7};$$

$$2) y = x^2 + |x|; z = |x^2 + |x|| - 3;$$

$$3) y = |x^2 - |x| - 12|; z = \sqrt{x + \sqrt{x^2 - x}},$$

где  $x$  – целое число. Результаты вычисления функции – числа в формате с плавающей точкой, которые необходимо передавать через глобальные переменные  $y$  и  $z$ , объявленные в основной Си-программе. Константы заданы как целые числа – значения констант записываются непосредственно в регистры в самой ассемблерной подпрограмме через команду MVKL/H. Показать работоспособность программы на примере. Сопоставить полученные результаты.

6.Контрольное задание № 5.

Реализовать на языках Ассемблер и Си следующую функцию:

$$1) \frac{x^2-1}{\sqrt{3}-1} + \frac{x^2}{x-2} + \frac{5x^2}{3-x};$$

$$2) \frac{2}{x-1} + \frac{3}{x-2} + \frac{x^2+12}{x^2-\sqrt{3}};$$

где  $x$  – целое число – передается как параметр функции. Результат функции – число в формате с плавающей точкой. Константы заданы как числа в формате с плавающей точкой – допускается передавать значения констант в ассемблерную подпрограмму из основной Си-программы через глобальные переменные либо записывать значения непосредственно в регистры в самой ассемблерной подпрограмме через команду MVKL/H (в 16-ой СС, в HEX-формате). Показать работоспособность программы на примере. Сопоставить полученные результаты.

7.Контрольное задание № 6.

Реализовать на Ассемблере следующую функцию  $y(x)$ :

$$1) \frac{\sqrt{3x-2}}{x^2-x-2};$$

$$2) \sqrt{9x^2 - 12x + 5},$$

где  $x$  — задается в виде массива в Си. Константы заданы как целые числа. Показать работоспособность программы на примере.

8.Контрольный вопрос № 26. Команды арифметических операций языка Ассемблер для цифровых сигнальных процессоров семейства С6000.

9.Контрольный вопрос № 27. Команды ветвлений и условных переходов языка Ассемблер для цифровых сигнальных процессоров семейства С6000.

10.Контрольный вопрос № 28. Особенности составления циклов в Ассемблере для цифровых сигнальных процессоров семейства С6000.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.Вопрос 5.1

Через какой регистр процессора С67х передается 1-ый аргумент Ассемблерной функции из Си-программы?

Ответы:

Ответ записать в следующей форме: Ах (или Вх), где х - целое число от 0 до 15.

Верный ответ: А4

2.Вопрос 5.2

Через какой регистр процессора С67х передается 2-ой аргумент Ассемблерной функции из Си-программы?

Ответы:

Ответ записать в следующей форме: Ах (или Вх), где х - целое число от 0 до 15.

Верный ответ: В4

3.Вопрос 5.3

Через какой регистр процессора С67х передается 3-ий аргумент Ассемблерной функции из Си-программы?

Ответы:

Ответ записать в следующей форме: Ах (или Вх), где х - целое число от 0 до 15.

Верный ответ: А6

4.Вопрос 5.4

Через какой регистр процессора С67х передается 4-ый аргумент Ассемблерной функции из Си-программы?

Ответы:

Ответ записать в следующей форме: Ах (или Вх), где х - целое число от 0 до 15.

Верный ответ: В6

5.Вопрос 5.5

В каком регистре процессора С67х после вызова Ассемблерной функции по-умолчанию находится адрес возврата в Си-программу?

Ответы:

Ответ записать в следующей форме: Ах (или Вх), где х - целое число от 0 до 15.

Верный ответ: В3

6.Вопрос 5.6

Через какой регистр процессора С67х передается результат работы Ассемблерной функции в Си-программу, из которой она была вызвана?

Ответы:

Ответ записать в следующей форме: Ах (или Вх), где х - целое число от 0 до 15.

Верный ответ: А4

7.Вопрос 5.7

Какая Ассемблерная команда процессора С67х отвечает за перемещение (копирование) содержимого одного регистра в другой?

Ответы:

1. MV 2. MVC 3. MVK 4. MOV

Верный ответ: № 1. MV

8.Вопрос 5.8

Какая Ассемблерная команда процессора С67х отвечает за переход выполнения программы по метке?

Ответы:

1. A 2. B 3. C 4. MOV 5. JMP

Верный ответ: № 2. B

### 9. Вопрос 5.9

Какая из указанных Ассемблерных команд процессора С67х может быть условной, т.е. выполняться по условию?

Ответы:

1. MV 2. B 3. LD 4. ADD 5. MPY 6. ST 7. SUB 8. все команды 9. ни одна из представленных

Верный ответ: № 8. все команды

### 10. Вопрос 5.10

С помощью какой Ассемблерной команды процессора С67х возможно организовать загрузку и инициализацию 16-разрядной целочисленной константы непосредственно в Ассемблерной программе?

Ответы:

1. B 2. CONST 3. EQU 4. MV 5. MVK 6. SET

Верный ответ: № 5. MVK

### 11. Вопрос 6.10

Возможно ли организовать перекрестный путь доступа, если один из операндов команды процессора С67х считывается из регистра стороны «А», а другой операнд – из регистра стороны «В», результат помещается в регистр стороны «В» (COMMAND\_Ax, Bx, Ax, где x, y, z – целые числа от 0 до 15) ?

Ответы:

1. да 2. нет

Верный ответ: № 1. да

### 12. Вопрос 6.9

Возможно ли организовать перекрестный путь доступа, если один из операндов команды процессора С67х считывается из регистра стороны «А», а другой операнд – из регистра стороны «В», результат помещается в регистр стороны «А» (COMMAND\_Ax, Bx, Ax, где x, y, z – целые числа от 0 до 15) ?

Ответы:

1. да 2. нет

Верный ответ: № 1. да

### 13. Вопрос 6.8

Возможно ли организовать перекрестный путь доступа, если операнды команды процессора С67х считываются из регистров стороны «А», а результат помещается в регистр стороны «В» (COMMAND\_Ax, Bx, Ax, где x, y, z – целые числа от 0 до 15) ?

Ответы:

1. да 2. нет

Верный ответ: № 2. нет

### 14. Вопрос 6.6

На каком из следующих функциональных блоков процессора С67х могут быть исполнены команды загрузки-сохранения из памяти?

Ответы:

1) .D 2) .L 3) .M 4) .S

Верный ответ: № 1) .D

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если: - присутствует корректный ответ на теоретический вопрос или он содержит несущественные замечания, например, может быть недостаточно полным, развернутым; - задача решена в полном объеме или имеет некоторые недочеты, не являющиеся существенными; - студент уверенно и правильно ответил на значительную часть дополнительных вопросов.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если: - имеется в целом правильный ответ на теоретический вопрос или он содержит серьезные замечания, например, некоторые сформулированные тезисы не являются верными; - задача решена в полном объеме или не полностью соответствует условию задания или имеет некоторые ошибки, не являющиеся существенно значимыми; - студент правильно ответил на большую часть дополнительных вопросов.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если: - имеется в целом правильный ответ на теоретический вопрос или он содержит серьезные замечания, например, некоторые сформулированные тезисы не являются верными; - задача не полностью соответствует условию задания и/или содержит существенные ошибки;. - студент правильно ответил, по крайней мере, на половину дополнительных вопросов. Другой вариант, если: - отсутствует ответ на теоретический вопрос или он в корне неправильный; - задача решена в полном объеме или имеет некоторые ошибки, не являющиеся критическими; - студент правильно ответил на более чем половину заданных дополнительных вопросов.

***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Итоговая оценка по данному курсу выставляется с учетом семестровой составляющей успеваемости студента и результатов промежуточной аттестации (зачет) согласно действующей балльно-рейтинговой системе (БАРС), принятой и используемой в «НИУ «МЭИ».