

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе и  
образовательным инновациям

\_\_\_\_\_ О.А. Прохоренко

«08» июля 2022 г.

Регистрационный № УД – 11709/уч.



**СИСТЕМОТЕХНИКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:

**1 - 31 03 01                    Математика (по направлениям)**

Направление специальности:

**1 - 31 03 01 - 04            Математика (научно-конструкторская  
деятельность)**

2022 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 01-2013 и учебного плана № G31-209/уч. от 29.05.2015.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

С.Е. Бухтояров, доцент кафедры математической кибернетики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

М.И. Вашкевич, доцент кафедры электронных вычислительных средств Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доктор технических наук, доцент;

А.А. Дерюшев, доцент кафедры веб-технологий и компьютерного моделирования Белорусского государственного университета, кандидат технических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой математической кибернетики Белорусского государственного университета  
(протокол № 10 от 25.05.2022);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета  
(протокол № 6 от 29.06.2022).

Заведующий кафедрой  
математической кибернетики \_\_\_\_\_ А.Л. Гладков

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Создание фирмой Intel первого микропроцессора в 1971 году положило начало эпохе всеобщей компьютеризации. За чуть более чем четвертьвековую историю микропроцессоры прошли поистине гигантский путь. Первый чип Intel 4004 работал на частоте 750 кГц, содержал 2300 транзисторов и стоил около \$200. Производительность его оценивалась в 60 тыс. операций в секунду. На сегодняшний день тактовая частота процессоров превысила 2 ГГц, количество транзисторов более 100 млн, пиковая производительность более 10 млрд операций в секунду.

В современных микропроцессорах воплощены самые передовые достижения научной и инженерной мысли. В условиях, свойственных данной отрасли производства, жесткой конкуренции и огромных капиталовложений выпуск каждой новой модели микропроцессора, так или иначе, связан с очередным научным, конструкторским, технологическим прорывом, хотя, в силу большой внутренней сложности, внутри одного семейства разработчики, по возможности, стараются использовать унифицированные наработанные решения и сохранять программную совместимость моделей.

Изучение такой интенсивно развивающейся и наукоемкой предметной области, как микроэлектроника и микропроцессорная техника, в частности, — задача весьма интересная и сложная, требующая постоянного совершенствования и пополнения получаемых знаний и знакомства со смежными научно-техническими областями. Для эффективного решения прикладных задач любой современный специалист, профессионально связанный с вычислительной техникой, должен иметь адекватное представление о состоянии и перспективах развития элементной базы.

В рамках дисциплины излагаются основные идеи, концепции и направления, определяющие развитие современных микроэлектронных технологий.

### **Цели и задачи учебной дисциплины**

**Целью** дисциплины «Системотехника аппаратно-программных систем» является изучение принципов организации современных компьютерных систем на всех уровнях, включая: уровень микрокоманд, системы команд, уровень архитектурной поддержки механизмов операционных систем.

**Развивающей целью** является дальнейшее формирование у студентов навыков математического, конструкторского и программистского мышления.

**Воспитательной целью** является формирование у студентов стремления к дальнейшему получению знаний в области электроники и вычислительной техники и их использованию в прикладных задачах.

**Основными задачами**, решаемыми в рамках изучения дисциплины «Системотехника аппаратно-программных систем», являются

- изучение принципов работы микроконтроллеров, микропроцессоров и систем на их основе;

- изучение архитектур современных вычислительных систем и используемых аппаратно-программных методов повышения их производительности;
- приобретение навыков низкоуровневого программирования на ассемблере.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста с высшим образованием: учебная дисциплина относится к **циклу** специальных дисциплин государственного компонента.

**Связи с другими учебными дисциплинами.**

Изложение дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при изучении таких дисциплин как «Теория сигналов, цепей и схемотехника», «Операционные системы и среды», «Языки описания аппаратно-программных систем».

### **Требования к компетенциям**

Освоение учебной дисциплины «Системотехника аппаратно-программных систем» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций.

**Академические компетенции:**

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом;
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками;
- АК-4. Уметь работать самостоятельно;
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;

**социально-личностные компетенции:**

- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.
- СЛК-6. Уметь работать в команде.

**профессиональные компетенции:**

- ПК-2. Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации. Применять современные методы проектирования информационных систем, использовать веб-сервисы, оформлять техническую документацию.
- ПК-3. Применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности и в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности.
- ПК-5. Заниматься аналитической и научно-исследовательской деятельностью в области математики и информационных технологий.
- ПК-7. Проводить исследования в области эффективности решения производственных задач.

- ПК-8. Работать с научной, нормативно-справочной и специальной литературой.
- ПК-9. Осуществлять выбор оптимального варианта проведения научно-исследовательских работ.
- ПК-13. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.
- ПК-16. Готовить доклады, материалы к презентациям.
- ПК-22. Работать с научной, технической и патентной литературой.
- ПК-27. Реализовывать инновационные проекты в профессиональной деятельности.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

**знать:**

- архитектуру микроконтроллеров и микропроцессоров;
- систему команд микроконтроллера 8051;
- организацию шин в вычислительных системах;
- аппаратную организацию памяти;
- современные способы повышения производительности микроконтроллеров и микропроцессоров;
- основы построения современных высокопроизводительных систем;

**уметь:**

- разрабатывать программы на ассемблере;
- организовывать взаимодействие микроконтроллера с внешними устройствами;

**владеть:**

- навыками программирования микроконтроллера 8051.

### **Структура учебной дисциплины**

Учебная программа по дисциплине «Системотехника аппаратно-программных систем» предназначена для студентов очной формы получения высшего образования по специальности 1-31 03 01 Математика (по направлениям), направление специальности 1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность).

Дисциплина изучается в 6-7 семестрах. Всего на изучение учебной дисциплины «Системотехника аппаратно-программных систем» отведено 150 часов, из них 70 аудиторных часов, в том числе:

- 6 семестр – всего 54 часа, в том числе – 34 аудиторных часов, из них: лекции – 16 часов, практические занятия - 14 часов, управляемая самостоятельная работа - 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1 зачетную единицу.

Форма текущей аттестации – зачет

- 7 семестр – всего 96 часов, в том числе – 36 аудиторных часа, из них: лекции – 18 часов, практические занятия – 14 часов, управляемая самостоятельная работа - 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Раздел 1. Введение

**Тема 1.1.** Становление и эволюция вычислительной техники

## Раздел 2. Организация вычислительных систем

**Тема 2.1.** Архитектура системы команд (Классификация архитектур системы команд. Типы и форматы операндов. Типы команд. Форматы команд.)

**Тема 2.2.** Функциональная организация фон-неймановской ВМ. (Функциональная схема фон-неймановской вычислительной машины. Микрооперации и микрокоманды. Цикл команды.)

**Тема 2.3.** Организация шин (Типы шин. Иерархия шин. Физическая реализация шин. Выделенные и мультиплексируемые шины. Арбитраж шин. Синхронный и асинхронный протоколы шин. Методы повышения эффективности шин.)

## Раздел 3. Архитектура микроконтроллера МК51

**Тема 3.1.** Структурная схема МК51. (Выводы микросхемы; порты ввода-вывода; АЛУ: регистр временного хранения, регистр аккумулятора, аккумулятор, регистр В, регистр состояния программы PSW; счетчик команд, регистр счетчика команд, регистр указателя данных DPTR, буфер СК, схема инкремента, регистр адреса памяти; блок управления: устройство выработки временных интервалов, логика ввода-вывода, регистр команд, регистр управления потреблением, дешифратор команд, ПЛМ и логика управления ЭВМ; память данных; память программ; шина данных; шина адреса.)

**Тема 3.2.** Организация памяти. (Память программ; память данных; младшие адреса ПП; внутреннее ОЗУ; регистры специальных функций; банки регистров; указатели банка рабочих регистров RS0 и RS1; прямо адресуемы биты.)

**Тема 3.3.** Система команд. (Арифметические команды; логические команды с байтовыми переменными; команды передачи данных; команды битового процессора; команды ветвления программ и передачи управления ОМЭВМ; способы адресации операндов; способы адресации операндов: регистровая адресация, прямая адресация, косвенно-регистровая адресация, непосредственная адресация, косвенная адресация по сумме базового и индексного регистра.)

**Тема 3.4.** Порты МК51. (Направление ввода-вывода; адреса портов при байтовой и битовой адресации; структура разряда портов P0-P3; чтение и запись из порта; альтернативные функции выводов порта P3.)

**Тема 3.5.** Блок таймеров/счетчиков. (Таймеры/счетчики TC0, TC1; регистры TCON, TMOD и их биты; режимы работы TC.)

**Тема 3.6.** Система прерываний. (Источники прерываний; приоритет прерываний; начальный адрес процедуры обработки прерываний; вектор прерываний; алгоритм обработки прерываний; команда RETI.)

**Тема 3.7.** Последовательный порт. (Запись и чтение в/из порта, режимы работы порта, скорость работы порта.)

#### **Раздел 4. Повышение производительности вычислительных систем.**

**Тема 4.1.** Конвейеризация вычислений. (Конвейер команд. Конфликты в конвейере команд. Методы решения проблемы условного перехода. Предсказание переходов. Суперконвейерные процессоры.)

**Тема 4.2.** RISC и CISC архитектуры (Основные черты RISC процессора. Преимущества и недостатки каждой архитектуры.)

**Тема 4.3.** Суперскалярные процессоры (Особенности реализации. Аппаратная поддержка суперскалярных операций.)

#### **Раздел 5. Параллелизм в вычислительных системах.**

**Тема 5.1.** Уровни параллелизма (Параллелизм уровня заданий, программ, команд. Метрики параллельных вычислений. Законы Амдала и Густафсона. Классификация Флинна.)

**Тема 5.2.** Память параллельных вычислительных систем (Модели архитектуры памяти: UMA, COMA, NUMA, CC-NUMA, NC-NUMA. Когерентность памяти мультимикропроцессорных систем, модели состоятельности. Аппаратные методы решения когерентности: совместно используемая кэш-память, некешируемые данные, широковещательная запись, протоколы наблюдения со сквозной и обратной записью, протокол MESI, протоколы на основе справочника.)

**Тема 5.3.** Вычислительные системы класса MIMD (Мультимикропроцессоры и мультикомпьютеры. Симметричные мультимикропроцессорные системы. Основы кластерных и массивно-параллельных систем)

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением электронных средств обучения (ДО)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСД	Литература	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>2</b>							
1.1	Становление и эволюция вычислительной техники	2					[1 – 4]	Экспресс-опрос	
<b>2</b>	<b>Организация вычислительных систем</b>	<b>6</b>	<b>6</b>				<b>4</b>		
2.1	Архитектура системы команд	2					[1, 5]	Коллоквиум	
2.2	Функциональная организация фон-неймановской ВМ.	2	6				2	Защита практической работы Контрольная работа № 1 по разделу 2.	
2.3	Организация шин	2					2	Устный опрос	
<b>3</b>	<b>Архитектура микроконтроллера МК51</b>	<b>14</b>	<b>22</b>						
3.1	Структурная схема МК51	2					[6, 7]	Устный опрос	
3.2	Организация памяти	2	4				[6, 7]	Устный опрос	
3.3	Система команд	2	4				[6, 7]	Защита практической работы	
3.4	Порты МК51	2	2				[6, 7]	Защита практических работ	
3.5	Блок таймеров/счетчиков	2	4				[6, 7]	Защита практической работы	
3.6	Система прерываний	2	4				[6, 7]	Коллоквиум	



									Защита практической работы
3.7	Последовательный порт	2	4					[6, 7]	Защита практических работ Контрольная работа № 2 по теме 3.
<b>4</b>	<b>Повышение производительности вычислительных систем</b>	<b>6</b>							
4.1	Конвейеризация вычислений	2						[1, 4]	Устный опрос
4.2	RISC и CISC архитектуры	2						[1, 4]	Устный опрос
4.3	Суперскалярные процессоры	2						[1, 4]	Устный опрос
<b>5</b>	<b>Параллелизм в вычислительных системах</b>	<b>6</b>					<b>4</b>		
5.1	Уровни параллелизма	2						[1, 4]	Устный опрос
5.2	Память параллельных вычислительных систем	2					2	[1, 4]	Устный опрос
5.3	Вычислительные системы класса MIMD	2					2	[1, 4]	Устный опрос
	<b>ИТОГО</b>	<b>34</b>	<b>28</b>					<b>8</b>	

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. Орлов, С. А. Организация ЭВМ и систем. Фундаментальный курс по архитектуре и структуре современных компьютерных средств : учебник для студ. вузов, обуч. по напр. "Информатика и вычислительная техника" / С. А. Орлов. - 4-е изд., доп. и перераб. - Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2018. - 687 с. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/21994/reading>.
2. Архитектура компьютеров: учебник для студ. учреждений высш. образования по спец. "Информатика", "Прикладная информатика", "Прикладная математика" / М. К. Буза. - Минск: Вышэйшая школа, 2015. - 414 с.
3. Архитектура ЭВМ и систем: учеб. пособие для бакалавров: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 230100 "Информатика и вычислительная техника" / О. П. Новожилов; Московский городской пед. ун-т. - Москва : Юрайт, 2015. - 527 с.
4. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера - 6-е изд. - Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2020. - 811 с. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/361850/reading>.

### Перечень дополнительной литературы

5. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. Дополнение по архитектуре ARM = Digital Design and Computer Architecture / Дэвид М. Харрис, Сара Л. Харрис; [пер. с англ. А. А Слинкина ; науч. ред. Д. А. Косолобов]. - Москва: ДМК Пресс, 2019. - 355 с.
6. Однокристалльные микроЭВМ. / А.В.Боборыкин, Г.П.Липовецкий, Г.В.Литвинский и др. - М.: МИКАП, 1994. - 400 с.
7. Микроконтроллеры семейства MCS-51. Теория и практика: учебно-методическое пособие / Е. В. Моисейкин. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 144 с.
8. Структурная организация и архитектура компьютерных систем: Проектирование и производительность / Уильям Столлинкс; [Пер. с англ. и ред. В. Т. Тертышного]. - 5. изд. - М. [и др.]: Вильямс, 2002. - 892 с.
9. Архитектура ЭВМ и систем: учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Информационные системы" / В. Л. Бройдо, О. П. Ильина. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2006. - 718с.
10. Организация ЭВМ = Computer Organization / К.Хамахер, З.Вранешич, С.Заки; Пер. с англ. О.Здир. - 5-е изд. - СПб. и др.: Питер, 2003. - 845с.

11. Архитектура компьютера и проектирование компьютерных систем / Д. Паттерсон, Дж. Хеннесси; [пер. с англ. Н. Вильчинского]. - 4-е изд. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2012. - 777 с.
12. Компьютерная архитектура. Количественный подход / Джон Л. Хеннесси, Дэвид А. Паттерсон; пер. с англ. М. В. Таранчевой под ред. А. К. Кима. - Изд. 5-е. - Москва: Техносфера, 2016. - 935 с.
13. Встраиваемые системы автоматики и вычислительной техники. Микроконтроллеры / А. Е. Васильев. - Москва: Горячая линия - Телеком, 2019. - 590 с.
14. Структурная и функциональная организация ЭВМ: учеб.-метод. комплекс для студ. спец. 1-40 02 01 "Вычислительные машины, системы и сети" / С. В. Калинин ; М-во образования РБ, УО "Полоцкий гос. ун-т". - Новополоцк: ПГУ, 2008. - 284 с.
15. Путилин В. Н. Системотехника аппаратно-программных систем / В. Н. Путилин, А. Я. Бельский. - Минск: БГУИР, 2017. - 281 с.
16. Борздов В. М. Системотехника аппаратно-программных систем / В. М. Борздов, А. Н. Сетун. - Минск: БГУ, 2020. - 235 с.
17. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по группе специальностей 09.00.00 "Информатика и вычислительная техника" / Н. В. Максимов, Т. Л. Партыка, И. И. Попов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. - 510 с.

### **Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки**

С целью текущего контроля знаний студентов предусматривается проведение устных опросов, экспресс-опросов, коллоквиума, контрольной работы и защиты практической работы.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Системотехника аппаратно-программных систем» учебным планом предусмотрен **зачет и экзамен.**

#### **Итоговая отметка формируется на основе:**

1. Правила проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29.05.2012 г.).

2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 31.03.2020 № 189-ОД).

3. Критериев оценки результатов учебной деятельности, обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. № 09-10/53-ПО).

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить

динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Рекомендуемые весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в итоговую отметку:

- устный и экспресс-опросы – 10 %;
- защита практических работ – 70 %;
- коллоквиум – 10 %;
- контрольная работа – 10 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости (рейтинговой системы оценки знаний) и отметки на экзамене (зачете) с учетом их весовых коэффициентов. Рекомендуемый вес отметки по текущей успеваемости составляет 30 %, экзаменационной отметки – 70 %.

### **Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов**

#### **Раздел 2. Организация вычислительных систем**

##### **Тема 2.2. Функциональная организация фон-неймановской ВМ (2 ч.)**

Задание. Разбить команду с на последовательность микроопераций.

**Форма контроля** – защита практической работы.

##### **Тема 2.3. Организация шин (2 ч.)**

Задание. Проведите анализ внутренних шин данных и адреса современных процессоров.

**Форма контроля** – устный опрос.

#### **Раздел 5. Параллелизм в вычислительных системах.**

##### **Тема 5.2. Память параллельных вычислительных систем (2 ч.)**

Задание. Проведите анализ алгоритмов и методов обеспечения когерентности параллельных вычислительных систем.

**Форма контроля** – устный опрос.

##### **Тема 5.3. Вычислительные системы класса MIMD (2 ч.)**

Задание. Проведите анализ особенностей систем с однородным и неоднородным доступом к памяти.

**Форма контроля** – устный опрос.

## Примерная тематика контрольных работ

- Контрольная работа № 1. «Цикл команды МК51»: Разбейте выполнение команды микроконтроллера МК51 на микрооперации.
- Контрольная работа № 2 «Система прерываний МК51»: реализуйте программу с заданным функционалом с использованием внешних устройств и прерываний.

## Примерная тематика практических работ

1. Цикл команды микроконтроллера МК51
2. Арифметические операции над многобайтовыми операндами
3. Битовый процессор МК 51
4. Условные переходы
5. Передача данных через УАПП
6. Прием данных через УАПП
7. Работа с подключенными к МК51 внешней клавиатурой
8. Работа с подключенными к МК51 внешним ЦАП

## Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется *эвристический подход*, который предполагает:

- осуществление студентами лично-значимых открытий окружающего мира;
- демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;
- творческую самореализацию обучающихся в процессе создания образовательных продуктов;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности.

Наиболее эффективной предполагается следующая форма реализации эвристического подхода: решение сложных задач разбиваются на этапы, после чего обучаемые подводятся к самостоятельному определению действий на этапах.

При организации образовательного процесса используется также *практико-ориентированный подход*, который предполагает:

- освоение содержания образования через решение практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;

- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся**

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной теме дисциплины;
- выполнение домашнего задания;
- проведение научно-исследовательских работ для выполнения практических заданий;
- подготовка к участию в научных и научно-практических конференциях и конкурсах.

### **Примерный перечень вопросов к экзамену**

1. Структурная схема МК51.
2. Порты МК51.
3. Блок таймеров/счетчиков МК51.
4. Система прерываний МК51.
5. Последовательный порт МК51.
6. Организация памяти МК51.
7. Система команд МК51.
8. Форматы команд и способы адресации операндов.
9. Фон-неймановская ВС: функциональная схема.
10. Цикл выполнения команды с различными типами адресации.
11. Организация шин в ВС: типы шин, аспекты физической реализации шин.
12. Выделенные и мультиплексируемые шины.
13. Арбитраж шин.
14. Синхронный и асинхронный протоколы шины.
15. Иерархия запоминающих устройств. Блочная организация памяти.
16. Устройство управления в ВС. Микропрограммный автомат: с жесткой и программируемой логикой.
17. Конвейеризация вычислений. Конфликты в конвейере, решение проблемы условного перехода. Суперконвейерные процессоры.
18. Архитектуры с полным и сокращенным набором команд.

19. Суперскалярные процессоры: особенности реализации, аппаратная поддержка суперскалярных операций.
20. Архитектура микропроцессоров Intel x86. Микропроцессоры Pentium.
21. Внутрипроцессорный параллелизм: VLIW и EPIC процессоры.
22. Внутрипроцессорный параллелизм: многопоточность. Технология Hyperthreading в Pentium 4.
23. Параллельные вычислительные системы: уровни параллелизма, законы Амдала и Густафсона, классификация Флинна.
24. Модели архитектуры памяти параллельных вычислительных систем класса MIMD.
25. Мультипроцессоры и мультикомпьютеры.
26. Когерентность памяти мультипроцессорных систем.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
САПР аппаратно-программных систем	Кафедра математической кибернетики	Нет	Оставить учебную программу без изменений (протокол № 10 от 25.05.2022).



**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ**  
на \_\_\_\_/\_\_\_\_ учебный год

№№ ПП	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры математической кибернетики (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

Заведующий кафедрой  
доктор физ.-мат. наук, профессор

А.Л. Гладков

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
доктор физ.-мат. наук, доцент

С.М. Босяков