

Архитектура вычислительных систем

Лекция 1. Вводная.

Принцип иерархической организации.

Яревский Е.А.

Кафедра вычислительной физики

Литература по курсу

1. *Таненбаум Э., Остин Т.* Архитектура компьютера // 6-е издание. — СПб.: Питер, 2013. — 811 с., илл. — ISBN: 978-5-496-00337-7.
2. *J.Hennessy, D.Patterson*, Computer Architecture. A quantitative Approach // 5Ed 2012 Elsevier, 2012. 857 p.
3. *Д.М. Хэррис, С.Л. Хэррис.* Цифровая схемотехника и архитектура компьютера // 2-е издание. Morgan Kaufman (English Edition), 2013. 1627 с.

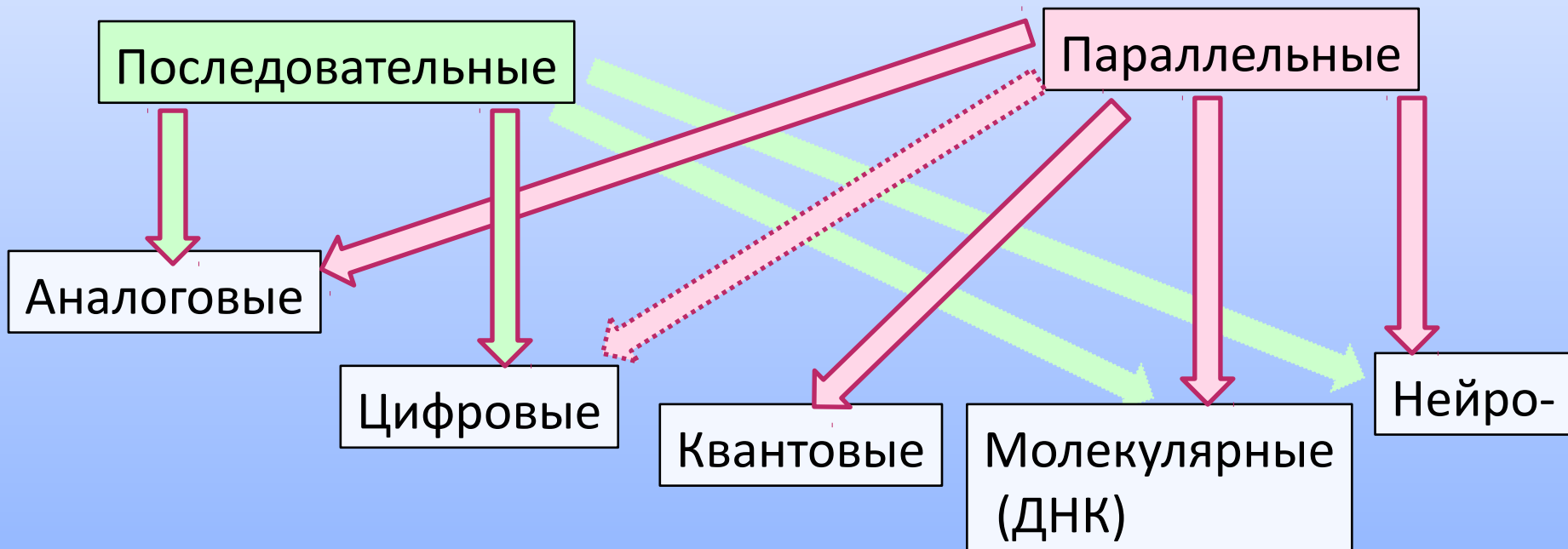
Классификация вычислителей

Вычисления и вычислители

	Аналоговые	Цифровые	Квантовые	Биологические (ДНК)	Нейрокомпьютеры
Представление данных	Аналоговое	Дискретное	?		
Точность представления данных и вычислений	Определяется относительно максимального значения операнда	Определяется относительно шага дискретизации.	?		
Объем и скорость вычислений	+		?		
Гибкость, универсализм		+	?		

Классификация вычислителей

Вычисления и вычислители



Цифровой компьютер (ЦК).

Определения

- Цифровой компьютер – машина, которая может решать задачи, выполняя данные ей команды. Последовательность команд, описывающих решение определённой задачи, называется программой. [1]
-
- ЭВМ - устройство, которое принимает данные, обрабатывает их в соответствии с хранимой программой, генерирует результаты и обычно состоит из блоков ввода/вывода, памяти, арифметики, логики и управления. [2]
-
- ЭВМ - искусственная (инженерная) машина, предназначенная для вычислений на основе алгоритмов. [3]
-
- Основное назначение ЦК – выполнение вычислений, формализованных в виде алгоритма (программы). Следовательно, именно свойства алгоритмов, вкупе с наличествующей элементной базой, и определяют принципы построения ЦК – его архитектуру.

1. Таненбаум Э., Остин Т. Архитектура компьютера // 6-е издание. — СПб.: Питер, 2013. — 811 с., илл. — ISBN: 978-5-496-00337-7.
2. Цилькер Б.Я., Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем // Учебник для вузов. — СПб.: Питер, 2004. — 668 с.: ил. ISBN 5-94723-759-8
3. С. А. Майоров, Г. И. Новиков Принципы организации цифровых машин // Машиностроение, 1974. 434 С.

Вычислительная система (ВС)

– совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих процессоров или ЭВМ, периферийного оборудования и программного обеспечения, предназначенную для сбора, хранения, обработки и распределения информации.

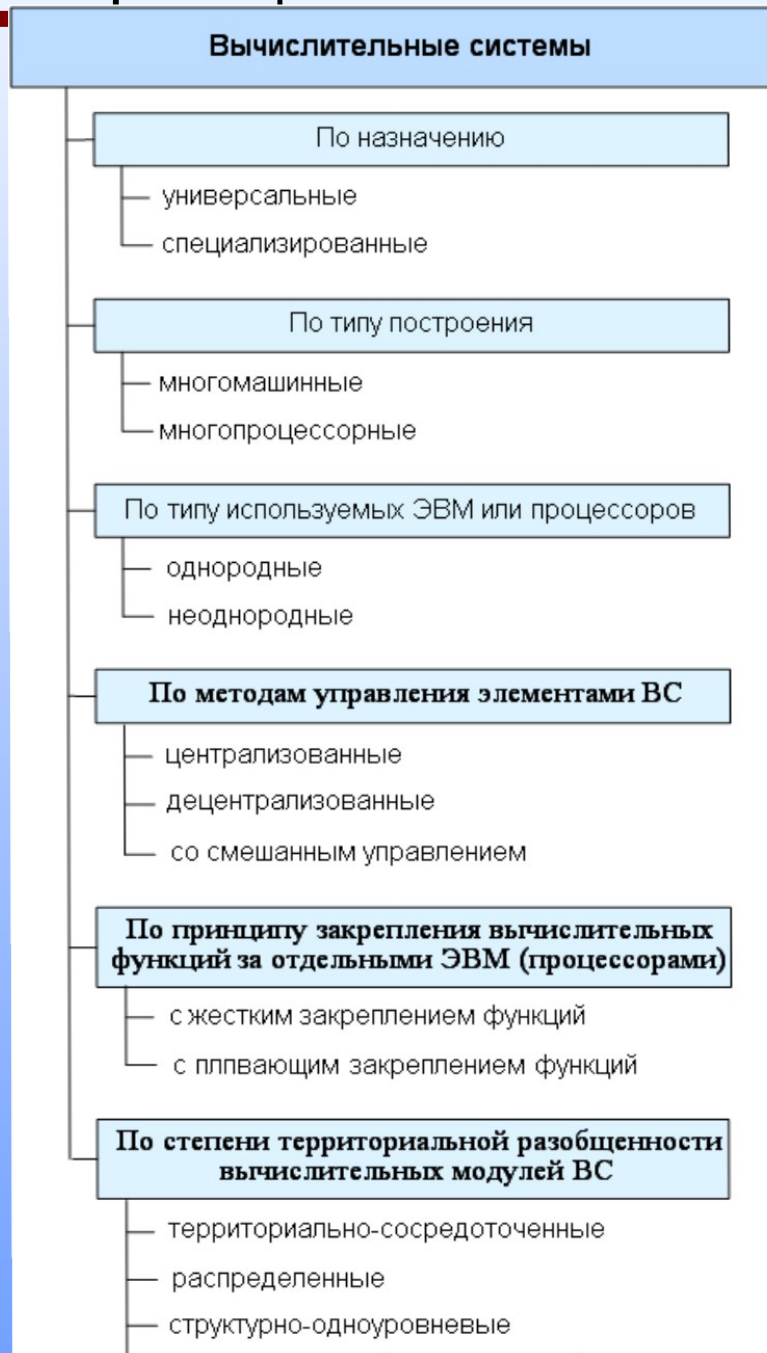
Отличительной особенностью ВС по отношению к ЭВМ является наличие в них нескольких вычислителей, реализующих параллельную обработку.

Вычислительная система (ВС)

Создание ВС преследует следующие основные цели:

- повышение производительности системы за счет ускорения процессов обработки данных
- повышение надежности и достоверности вычислений
- предоставление пользователям дополнительных сервисных услуг
- ...

Классификация вычислительных систем



Стандартный цикл работы вычислителя

1. выборка инструкции из основной памяти;
2. выборка операндов из оперативной памяти и/или регистров;
3. выполнение инструкции;
4. фиксация результата – запись в память, регистр, вывод.

Иерархическая организация ЦК

Проблема: компьютеру доступны только команды на машинном языке (язык нулевого уровня - Я0), люди формулируют задачи и методы их решения на другом языке (язык уровня N – ЯN, например, Я1).

Два способа решения проблемы:

ТРАНСЛЯЦИЯ

Исполнение программы, написанной на Я1, заменой каждой команды из Я1 эквивалентным набором команд на Я0. Вся программа на Я1 преобразуется в программу на Я0, программа на Я1 отбрасывается, а новая программа на Я0 загружается в память и исполняется.

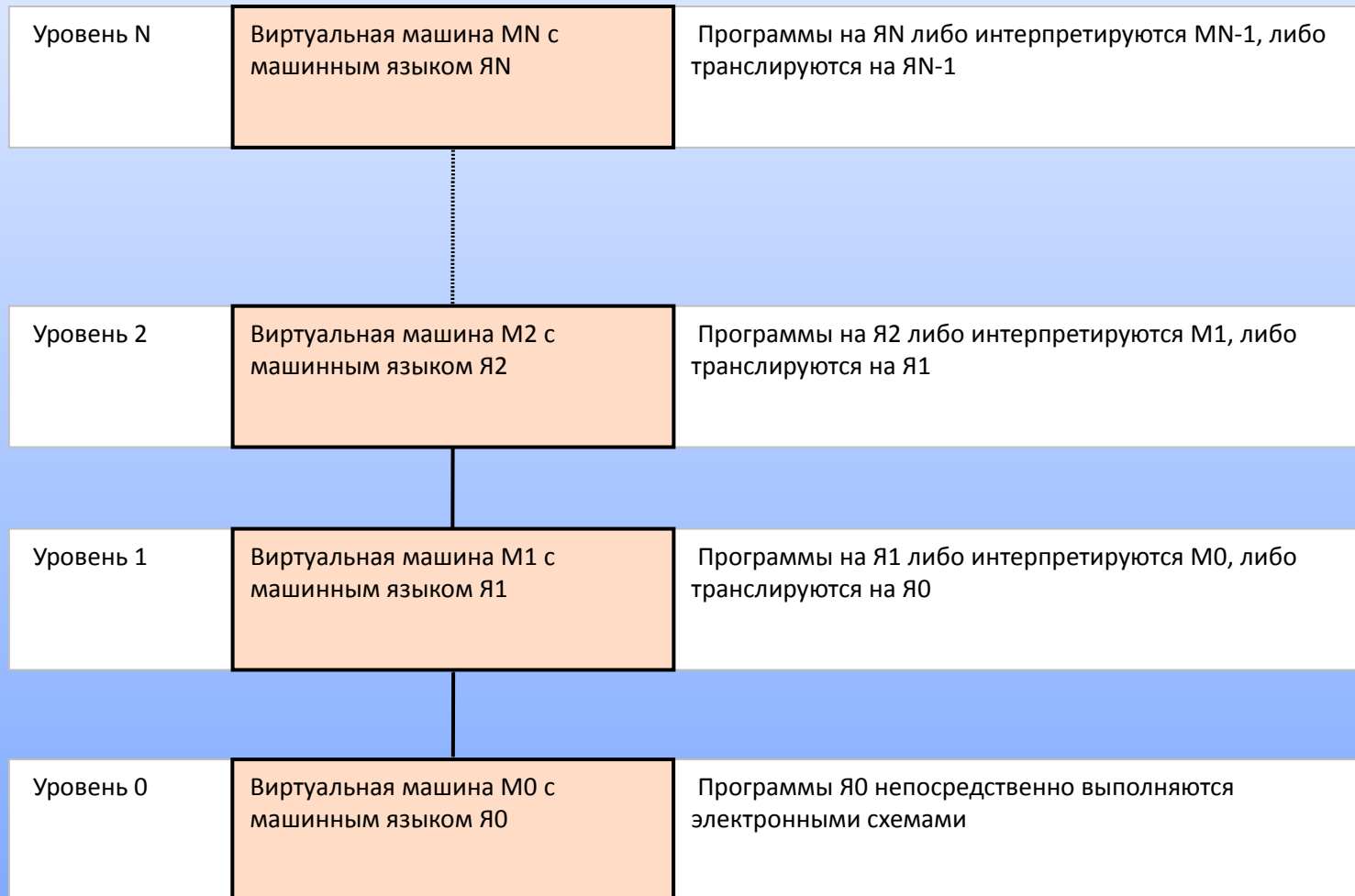
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Создание на Я0 программы, получающей в качестве входных данных программы, написанные на Я1. Каждая команда Я1 обрабатывается поочередно исполнением соответствующего набора команд Я0. Программа на Я0 – **интерпретатор**. При интерпретации каждая команда на Я1 перекодирована на Я0 и сразу же исполняется. Новая программа на Я0 не создается.

Для каждого уровня языка можно ввести понятие виртуальной машины соответствующего уровня ЯN – MN.

Проблема: для эффективной трансляции и/или интерпретации языки Я0 и Я1 должны быть близки между собой. Но это значит, что Я1 далек от естественного языка (ЕЯ). Отсюда вытекает многоуровневая организация как средство решения этой проблемы (Рис.2). [2]

Иерархическая организация ЦК



Иерархическая организация ЦК



Иерархическая организация ЦК



Уровень 0 – цифровой логический уровень. На этом уровне объекты называются вентилями. У каждого вентиля есть один или несколько входов, на которые поступают бинарные сигналы (0 или 1), вентиль вычисляет простые функции этих сигналов, например, НЕ (отрицание), И (дизъюнкция), ИЛИ (конъюнкция). Несколько вентилях формируют 1 бит памяти, который может содержать 0 или 1. Биты памяти объединяют в группы по 16, 32 или 64 бита – это **регистры**. Каждый регистр может содержать одно число в двоичном формате.

Иерархическая организация ЦК



Уровень 1 – уровень микроархитектуры.

Образуется наборами регистров (8 или 32), которые формируют локальную память и **арифметико-логическое устройство (АЛУ)**. АЛУ реализует арифметические операции.

Регистры вместе с АЛУ формируют **тракт данных**. **Базовая операция тракта данных** – выбирается один или два регистра (в зависимости от того, какая операция – одноместная (отрицание) или двухместная (сложение) выполняется), над операндами выполняется операция и результат помещается в регистр результата операции.

Работа тракта данных может контролироваться особой программой – **микропрограммой** (на старых моделях), а может управляться напрямую аппаратными средствами (в современных моделях).

Если тракт данных контролируется микропрограммой, то на этом уровне обычно находится программный интерпретатор и это уровень микропрограммирования.

Микропрограмма – интерпретатор команд на уровне 2. Она последовательно считывает команды из памяти и исполняет их, используя тракт данных.

Логическая эквивалентность аппаратного и программного обеспечения

Программы, написанные на машинном языке (Я1) могут непосредственно, т.е. без использования интерпретаторов и трансляторов) исполняться электронными устройствами МО. Эти электронные устройства, включая память и средства ввода-вывода, т.е. реальные материальные устройства, формируют **аппаратное обеспечение** вычислителя.

Программное обеспечение – модели, алгоритмы, программы.

Любая команда (операция) может быть выполнена либо программно, либо аппаратно. Баланс между программным и аппаратным обеспечением определяется по критерию стоимость/эффективность и смещается в зависимости как от задачи, так и от уровня развития элементной базы.

Иерархическая организация ЦК



Уровень 2 – уровень архитектуры набора команд. Этот уровень, в отличие от более низких, уже доступен пользователю, так как он публикуется в руководствах к компьютерам. Описываемые в этих руководствах наборы команд на самом деле не команды машинного уровня, так как в реальности они исполняются микропрограммами-интерпретаторами или аппаратным обеспечением.

Иерархическая организация ЦК

Уровень 3 – уровень операционной системы. (гибридный) - большинство команд этого уровня наличествуют также и на предыдущем уровне – архитектуры набора команд. Особенности уровня:

- новый набор команд;
- другая организация памяти;
- возможность исполнения нескольких программ одновременно;
- ряд иных.

Тем самым на этом уровне обеспечивается большее разнообразие, чем на предыдущих.

Исполнение новых средств и команд уровня 3 обеспечивает работающий на уровне 2 интерпретатор, называющийся **операционной системой (ОС)**. Те команды уровня 3, что идентичны командам уровня 2, ОС не задействуют и исполняются микропрограммой или аппаратно. Поэтому уровень ОС часто определяется как гибридный.



Иерархическая организация ЦК

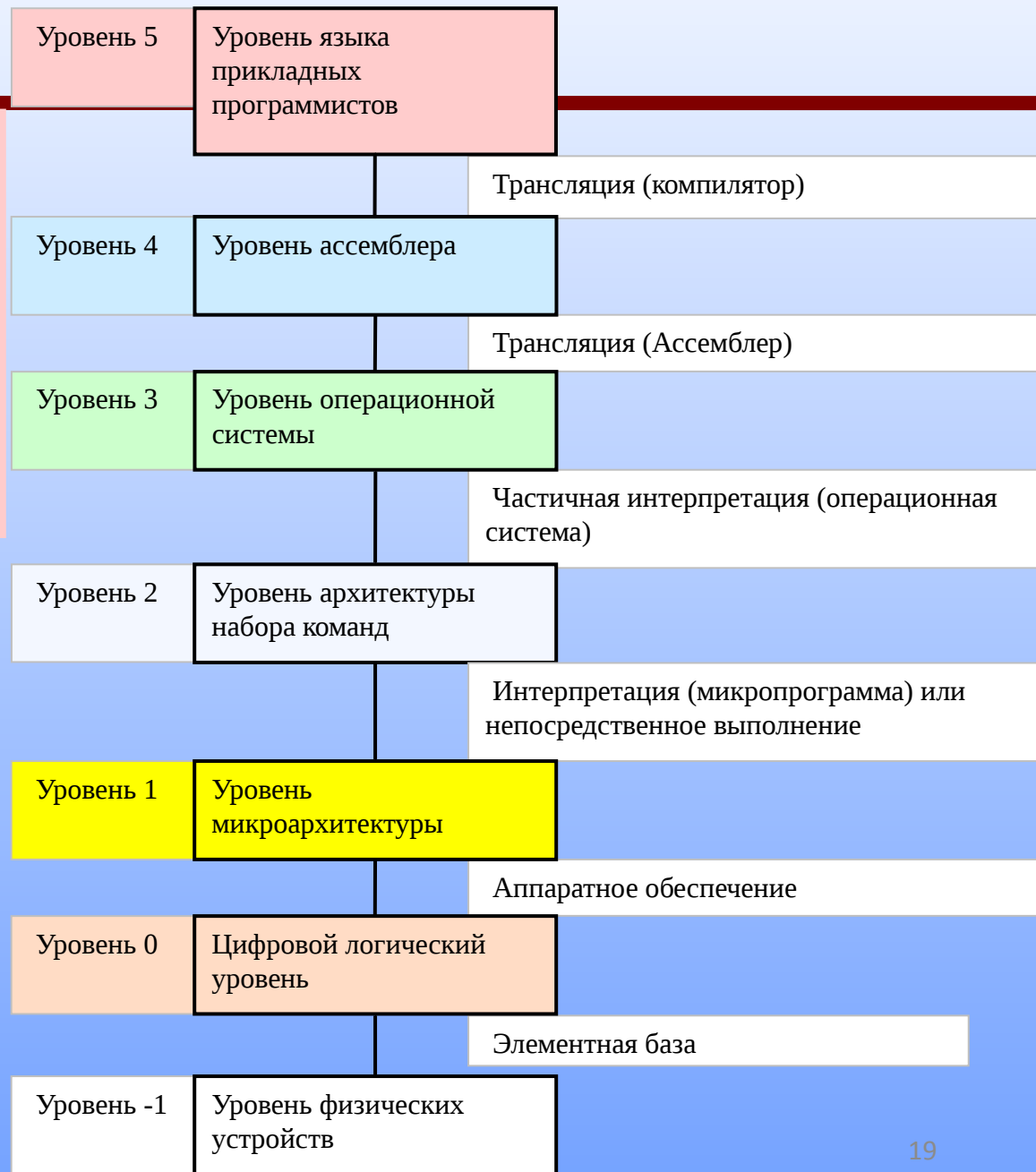
Уровень 4 – символическая форма языков более низкого уровня.

Символический язык транслируется в язык более низкого уровня (цифровой) ассемблером.



Иерархическая организация ЦК

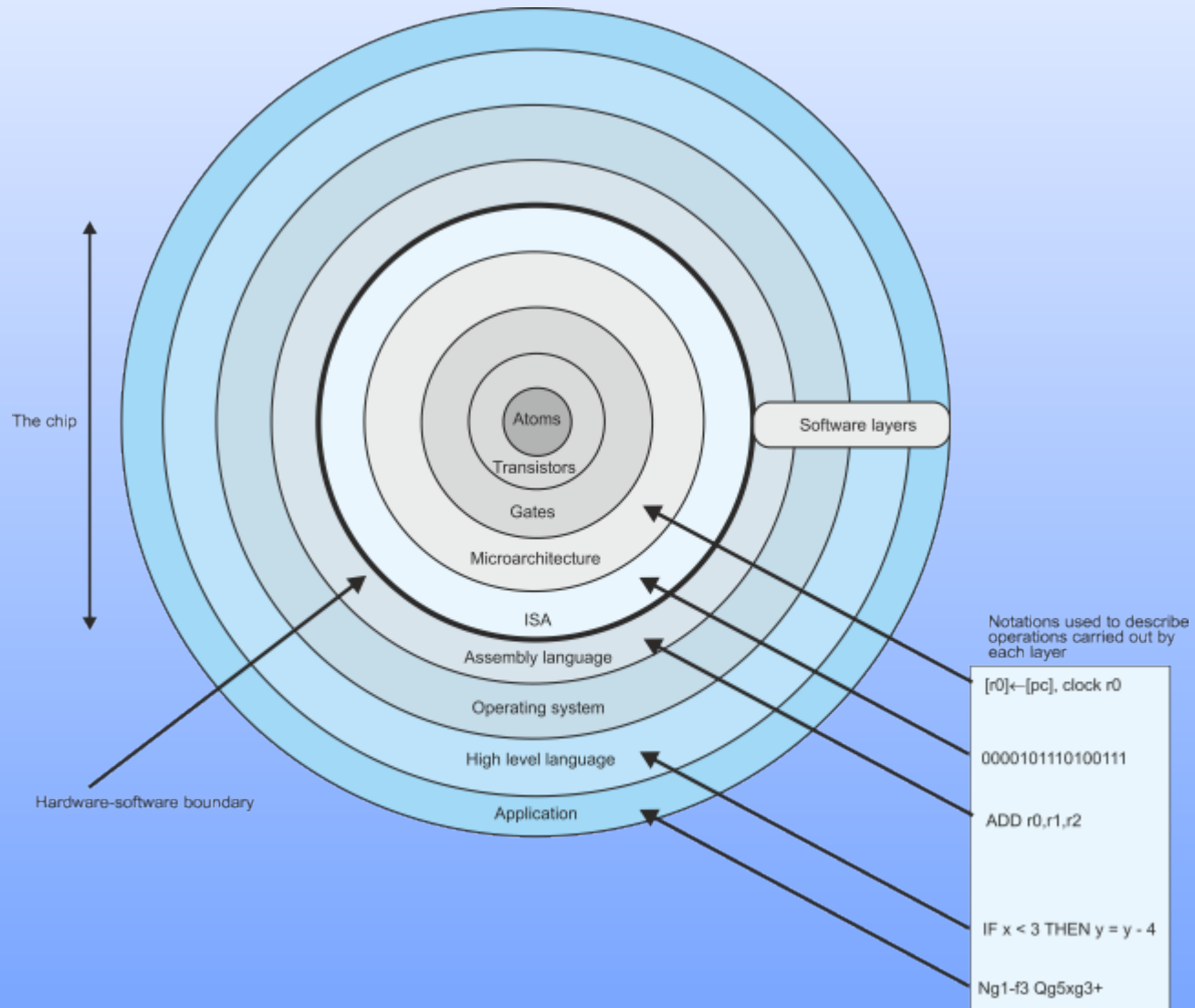
Уровень 5 – уровень языков высокого уровня. Язык высокого уровня – язык для прикладных программистов. Эти языки транслируются на низшие уровню **компиляторами**, хотя иногда используются и интерпретаторы, в частности. Для конкретной прикладной области, например, символической логики.



Иерархическая организация ЦК

Уровни	1-3	4-5
Использование	Системные программисты	Прикладные программисты
Механизмы поддержки более высоких уровней	Интерпретаторы	Трансляторы
Машинные языки	Цифровые	Символьные

Иерархическая организация ЦК



Иерархическая организация ЦК

Уровни (в порядке от периферии к центру):

- 1) Приложений (Application)
- 2) Языков программирования высокого уровня (High level language)
- 3) Компиляторов (здесь нет)
- 4) Операционной системы (Operating System)
- 5) Языка ассемблера (Assembly language)
- 6) Архитектуры набора инструкций процессора (Instruction set architecture)
- 7) Микрокодов (Microarchitecture)
- 8) Цифровой логики, устройства памяти и организации обмена (здесь нет)
- 9) Вентилей (Gates)
- 10) Электроники
- 11) Физики полупроводников

Определения

- «**Архитектура**» - представление возможностей ЦК с точки зрения пользователя, разрабатывающего программу на машинно-ориентированном языке. Соответственно, архитектура отражает те стороны структуры и функционирования ЦК, что существенны и видимы для такого программирующего пользователя в контексте разрабатываемых им программ.
- **Архитектура** – совокупность характеристик ЦК, существенных с точки зрения пользователя. Ключевой момент здесь – способ использования ЦК.
- **Архитектура** – логическое построение вычислителя, как оно представляется программисту, разрабатывающему программу на машинно-ориентированном языке
- Другая формулировка: **Архитектура** – совокупность общих принципов организации аппаратно-программных средств и их характеристик, определяющая функциональные возможности вычислителя при решении соответствующих классов задач.
- **Архитектура** определяет возможности ЦК, а **организация** – реализацию этих возможностей в конкретных моделях. Правомочность такого подхода видна при сравнении моделей, принадлежащих одному семейству – как правило, эти модели обладают одной архитектурой, но разной структурной организацией.

Определения

Термин «**архитектура**» относится к тем характеристикам ЦК или системы, которые доступны извне, то есть со стороны программы или, с другой точки зрения, оказывает непосредственное влияние на логику выполнения программ.

Под термином «**структурная организация**» ЦК или системы подразумевается совокупность операционных блоков (устройств) и их взаимосвязей, обеспечивающих реализацию спецификаций, заданных архитектурой ЦК.

Архитектура и системная организация

Основными компонентами архитектуры вычислительных машин и систем принято считать следующие компоненты:

- Вычислительные и логические возможности
 - Система команд
 - Формат команд - то, из чего состоит команда
 - Способы адресации
 - Назначение и состав регистров
- Аппаратные средства
 - Структура
 - Организация памяти
 - Организация ввода-вывода
 - Принципы управления
- Программное обеспечение
 - ОС
 - Языки программирования
 - Прикладное ПО

А где здесь логика?

Характеристики **структурной организации** включают скрытые от программиста детали аппаратной реализации системы:

- управляющие сигналы,
- аппаратный интерфейс между компьютером и периферийным оборудованием,
- технологию функционирования памяти.

Архитектура и системная организация

Организация ЦК.

• Структурная организация определяет устройство ЦК - задает структуру на уровне устройств ЦК и организацию связей между этими устройствами на уровне аппаратных интерфейсов.

• Функциональная организация определяет принципы функционирования ЦК, т. е. собственно вычислительные процессы.

Два уровня представления архитектуры ЦК:

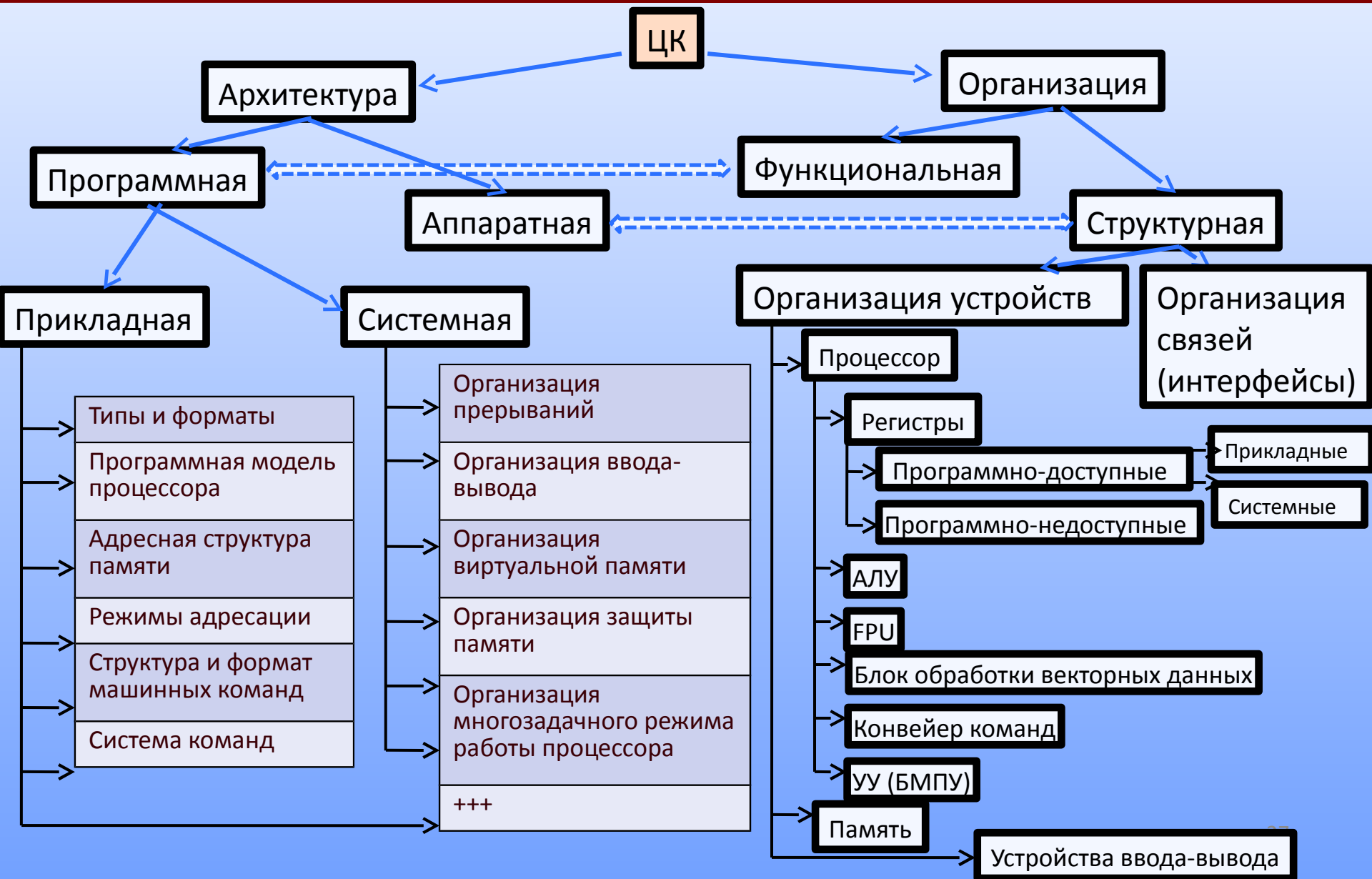
• программная архитектура включает в себя аспекты, видимые программистам и, соответственно, программам

• аппаратная архитектура включает аспекты, невидимые для программиста.

В этом смысле понятие аппаратной архитектуры и структурной организации ЦК можно рассматривать как синонимы.

В связи с делением программистов на прикладных и системных, программную архитектуру также можно разделить на 2 вида: прикладную и системную.

Основные элементы архитектуры и структурной организации ЦК



Продолжение схемы

