ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ КОЛЛЕДЖ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

ЛЕКЦИЯ 5. ТЕМА 2.2. ОСНОВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРА: ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Информационные процессы — это процессы сбора, обработки, хранения, передачи и представления информации. Обработка информации занимает среди них центральное место: она представляет собой целенаправленное преобразование сведений об объектах и явлениях, в результате которого формируется новая информация или изменяется форма представления исходной. Материальным устройством, исторически предназначенным для автоматизированной обработки информации, является компьютер — универсальная программируемая машина, действующая в соответствии с принципами, сформулированными в середине XX века Дж. фон Нейманом и его коллегами.

Принципы обработки информации при помощи компьютера

Обработка информации компьютером базируется на ряде фундаментальных принципов.

Принцип двоичного кодирования. Любая информация — числовая, текстовая, графическая, аудио- и видеоданные — представляется в компьютере в виде последовательностей двоичных разрядов (битов), принимающих значения 0 или 1. Двоичное представление обеспечивает максимальную помехоустойчивость и технологическую простоту реализации физических схем: различаются лишь два устойчивых состояния.

Принцип программного управления. Работа компьютера состоит в последовательном выполнении команд программы, хранящейся в памяти. Именно программа определяет, какие операции и над какими данными будут произведены; смена задачи достигается заменой программы, а не перестройкой аппаратуры.

Принцип однородности памяти (stored program concept). Программы и данные хранятся в единой памяти и представлены в одной и той же двоичной форме. Это делает возможным обработку программы как данных, что лежит в основе трансляции, операционных систем и компиляторов.

Принцип адресности памяти. Память представляет собой совокупность пронумерованных ячеек; обращение к данным и командам осуществляется по их адресам.

Дискретность и формальная исполнимость. Обрабатываемая информация дискретна, а процесс обработки сводится к конечной последовательности элементарных операций, выполняемых над конечными структурами данных за конечное число шагов.

Общая схема обработки информации компьютером такова: исходные данные поступают через устройства ввода, обрабатываются процессором в соответствии с программой, результаты сохраняются в памяти и выводятся через устройства вывода.

Арифметические и логические основы работы компьютера

Системы счисления и машинная арифметика

Внутренним языком компьютера является двоичная позиционная система счисления, в которой любое число представляется разложением по степеням основания 2. Наряду с двоичной используются шестнадцатеричная система как компактная форма записи двоичных кодов (одна шестнадцатеричная цифра соответствует тетради — четырём битам), а также двоично-десятичное представление в отдельных прикладных областях.

Целые числа хранятся в форматах с фиксированной запятой: неотрицательные — в прямом коде, отрицательные — в дополнительном коде, что позволяет свести вычитание к сложению. Диапазон представления определяется разрядностью машинного слова. Вещественные числа представляются в форматах с плавающей запятой в соответствии со стандартом IEEE 754: число нормализуется в виде $m \times 2^e$, где мантисса m и порядок e хранятся в отдельных полях машинного слова. Следствием такого

представления являются конечная точность и погрешность округления арифметических операций над вещественными числами.

Логические основы

Математическим аппаратом цифровой техники служит алгебра логики (булева алгебра), оперирующая высказываниями, принимающими значения «истина» (1) и «ложь» (0). Базовыми операциями являются конъюнкция (логическое умножение, AND), дизъюнкция (логическое сложение, OR) и отрицание (NOT); функционально полную систему образуют также штрих Шеффера (NAND) и стрелка Пирса (NOR), через которые может быть выражена любая логическая функция.

Соответствие между булевыми функциями и схемами устанавливается на основе теории переключательных функций. Произвольная логическая функция может быть представлена в дизъюнктивной нормальной форме и синтезирована из типовых логических элементов. Практическое значение имеют законы алгебры логики (коммутативность, ассоциативность, дистрибутивность, законы де Моргана), используемые для упрощения (минимизации) логических выражений и, следовательно, схем.

Элементная база компьютера

Эволюция элементной базы прошла ряд поколений: электронные лампы (первое поколение, 1940–1950-е годы), дискретные полупроводниковые приборы — транзисторы (второе поколение), интегральные микросхемы малой и средней степени интеграции (третье поколение), большие и сверхбольшие интегральные схемы (БИС и СБИС) — четвёртое и последующие поколения.

Физической основой современной микроэлектроники является кремний. Логический элемент реализуется на транзисторах, главным образом КМОП-структурах (комплементарных металл-оксид-полупроводниковых), отличающихся низким статическим энергопотреблением. На логических элементах строятся триггеры — элементарные ячейки памяти, на триггерах — регистры и счётчики, из них — процессорные регистры, сумматоры и оперативная запоминающая память.

Ключевую роль сыграло изобретение интегральной схемы (Дж. Килби, Р. Нойс, 1958–1959 годы) и наблюдение Г. Мура о периодическом удвоении числа транзисторов на кристалле (закон Мура, 1965 год). В настоящее время топологические нормы серийного производства составляют единицы нанометров. Классическая кремниевая микроэлектроника приближается к физическим пределам миниатюризации, в связи с чем развиваются альтернативные направления: трёхмерная компоновка кристаллов, квантовые вычисления, нейроморфные и оптические вычислительные устройства.

Алгоритмы и способы их описания

Алгоритм — конечная совокупность точных предписаний, определяющая порядок действий исполнителя для решения задачи или класса задач. Свойства алгоритма: дискретность, детерминированность (определённость), конечность (результативность), массовость (применимость к классу однотипных исходных данных) и понятность исполнителю.

Способы описания алгоритмов:

- словесно-формульное описание на естественном языке;
- графическое описание — блок-схема по ГОСТ 19.701-90 (ISO 5807) с типовыми блоками: начало/конец, ввод-вывод, процесс, ветвление, цикл;
- псевдокод — формализованная запись со структурой языка программирования, но без синтаксической строгости конкретного языка;
- запись на формальном языке программирования;
- теоретические формализмы: машина Тьюринга, нормальные алгоритмы Маркова, рекурсивные функции — модели, определившие понятие вычислимости.

Структурный подход предписывает построение алгоритма из трёх базовых конструкций: следования, ветвления и цикла, — при этом, согласно теореме о

структурной программировании (доказана К. Бёмом и Дж. Якопини, 1966 год), любой алгоритм представим композицией этих конструкций без операторов безусловного перехода.

Характеристиками алгоритма являются корректность (соответствие спецификации задачи) и эффективность, количественно выражаемая вычислительной сложностью — асимптотическими оценками времени и памяти O(f(n))$O(f(n))$ в нотации O-большое. Так, линейный поиск имеет сложность O(n)$O(n)$, двоичный поиск по отсортированному массиву — $O(\log n)$, быстрая сортировка в среднем — $O(n \log n)$.

Этапы решения задач с использованием компьютера

Решение прикладной задачи на компьютере представляет собой многоэтапный процесс:

1. **Постановка задачи** — содержательный анализ проблемы, определение исходных данных, результатов и ограничений.
2. **Формализация (математическое моделирование)** — переход от неформального словесного описания к формальной модели: построение математической модели, выбор структур данных, запись соотношений, связывающих исходные данные и результат.
3. **Разработка алгоритма** — представление модели в виде последовательности однозначно исполняемых шагов.
4. **Программирование** — запись алгоритма на языке программирования с последующей трансляцией (компиляцией или интерпретацией).
5. **Тестирование и отладка** — проверка программы на контрольных примерах, обнаружение и устранение ошибок (синтаксических на этапе трансляции, логических и семантических на этапе исполнения). Применяются метод «чёрного ящика» (проверка входов и выходов без анализа внутренней структуры), метод «белого ящика» (анализ путей выполнения), граничные и стрессовые тесты, а также методы автоматической верификации.
6. **Эксплуатация и сопровождение** — анализ достоверности результатов, уточнение модели при необходимости.

Переход от неформального описания к формальному

Ключевая методологическая проблема этапа формализации состоит в преобразовании неформального описания задачи на естественном языке в строгое формальное представление. Этот переход включает: выделение существенных с точки зрения цели моделирования свойств объекта и отбрасывание несущественных (абстрагирование); определение перечня параметров и их типов; выражение связей между параметрами в виде математических соотношений, логических условий или информационных моделей (таблиц, графов, иерархий). Адекватность формальной модели проверяется сопоставлением результатов вычислений с известными наблюдениями. Ошибки формализации не обнаруживаются транслятором и составляют наиболее трудно выявляемый класс ошибок, что подчёркивает значимость этапа постановки задачи и тестирования.

Компьютер как исполнитель команд. Программный принцип работы

Формальный исполнитель — это объект, способный воспринимать команды из фиксированной системы команд (СКИ) и выполнять их, не вникая в смысл. Компьютер является универсальным формальным исполнителем: его система команд процессора конечна, но из этих элементарных команд могут быть построены программы решения произвольных вычислимых задач.

Программный принцип работы компьютера состоит в следующем. Процессор непрерывно executes цикл: **выборка команды** из памяти по адресу счётчика команд → **декодирование** (определение кода операции и операндов) → **исполнение** → **инкрементирование счётчика команд** — и переходит к следующей команде. Архитектура, реализующая этот принцип, восходит к машине с хранимой

программой фон Неймана и включает пять функциональных узлов: арифметико-логическое устройство (АЛУ), устройство управления, память, устройства ввода-вывода. Современные процессоры дополняют классическую схему конвейеризацией команд, предсказанием переходов, иерархией кэш-памяти, многопоточностью и многоядерностью, сохраняя при этом основополагающий программный принцип.

Понятие исполнителя играет важную дидактическую и методическую роль: программирование трактуется как построение сценария работы формального исполнителя, а ограничения СКИ формируют дисциплину точной записи алгоритма.

Компьютерные модели различных процессов

Компьютерная модель — это модель объекта, процесса или явления, реализованная средствами вычислительной системы и отражающая существенные с точки зрения цели моделирования свойства оригинала. Классификация компьютерных моделей проводится по следующим основаниям.

• По области применения: учебные (тренажёры, демонстрационные модели), научно-технические, имитационные, игровые.

• По характеру переменных: непрерывные (описываются дифференциальными уравнениями) и дискретные; детерминированные и стохастические.

• По способу представления: статические и динамические.

Основными видами компьютерного моделирования являются:

• **численное моделирование** — решение математических моделей численными методами (методы конечных разностей, конечных элементов, конечных объёмов); применяется в гидро- и аэродинамике, теплотехнике, расчёте конструкций;

• **имитационное моделирование** — воспроизведение на компьютере логики функционирования сложной системы с учётом случайных факторов (метод Монте-Карло, дискретно-событийное моделирование); применяется при анализе производственных, транспортных, экономических систем;

• **статистическое моделирование** — обработка экспериментальных данных, регрессионный и корреляционный анализ;

• **визуализация и компьютерная графика** — представление результатов моделирования в наглядной форме.

Особое значение компьютерное моделирование имеет там, где натурный эксперимент невозможен, дорог или опасен: космические исследования, ядерная энергетика, прогноз погоды и климата, эпидемиологические прогнозы, фармакология. Достоверность результатов компьютерного моделирования определяется адекватностью математической модели, точностью численных методов и корректностью программной реализации, что вновь связывает данный раздел с этапами тестирования и верификации.

Обработка информации является центральным информационным процессом, реализуемым компьютером на основе принципов двоичного кодирования и программного управления. Математический фундамент вычислительной техники образуют позиционные системы счисления, машинная арифметика и булева алгебра; материальный — полупроводниковая элементная база, исторически развившаяся от электронных ламп к наноразмерным СБИС. Методологическую основу решения задач составляет последовательность этапов от неформальной постановки через формализацию и программирование к тестированию и анализу результатов. Универсальность компьютера как формального исполнителя, сочетающаяся с конечностью его системы команд, делает его инструментом построения и исследования моделей самых различных процессов — от физических до социальных.