

## Лекция № 3

### Стандартизация вычислительной техники. System/360

К началу 1960-х годов каждая новая модель компьютера была уникальной, их архитектура отличалась даже от изделий той же компании. Это приводило к *отсутствию стандартов на компьютеры, периферийную технику, а также к невозможности переноса программ между моделями.*

Степень разнообразия можно оценить, рассмотрев типы используемых данных. МАШИННОЕ СЛОВО, упорядоченный набор цифр, букв и т. д., хранящихся в памяти ЭВМ и воспринимаемых при обработке устройствами машины как единое слово, команда. В компьютерах, предназначенных для научных вычислений с числами в формате с плавающей запятой, длина слова выбиралась исходя из решаемых задач, под которые проектировался компьютер. Они оперировали словами длиной 32, 36, 54 или 60 бит, а разработанный в СССР БЭСМ-6 оперировал словами длиной 48 бит.

Компьютеры, предназначенные для финансовых и статистических вычислений, оперировали с двоично-десятичными числами ( $311_D = 011001001_{bcd}$ ), и не могли выполнять операции «плавающей» арифметики.

В самой компании IBM, совершившей несколько лет спустя переворот в производстве вычислительной техники, вычислительные машины также делились на два направления – научное и коммерческое. Научная линия состояла из 36-битных двоичных машин с аккумуляторной архитектурой, обрабатывающих числа с плавающей запятой (модели IBM 701, 704 и 709), а коммерческая линия состояла из десятичных машины со словами переменной длины и с 5-битовой длиной инструкций (модели IBM 702 и 705).

#### **Проект IBM System/360 (1964)**

В 1961 г. в компании IBM, в то время разрабатывающей два разных типа машин, сочли недостаточно революционной новую модель компьютера для научного применения (8000-ю серию), и раскритиковали его несовместимость с машинами общего (коммерческого) назначения. Работу по созданию «новой линии продуктов» (New Product Line), объединившую оба направления, возглавил Боб Эванс. Для выработки концепции NPL был создан комитет SPREAD (Systems Programming Research and Development), изложивший семь основных принципов, вот некоторые из них:

- центральный процессор должен с равным успехом использоваться для научных и деловых вычислений;
- все члены будущего семейства должны быть способны работать с одним и тем же набором периферийных устройств;
- для центрального процессора была выбрана гибридная технология, допускавшая использование микросхем и навесной монтаж дискретных элементов (к тому времени уже существовали микросхемы, но они еще не обладали достаточной надежностью);
- в научных и бизнес-вычислениях должен использоваться один и тот же язык программирования высокого уровня;

- между всеми членами семейства должна сохраняться *программная совместимость*;
- адресация в семействе должна обеспечивать доступ к 16 млн. символов, а в перспективе – к 2 млрд.;
- минимальной единицей представления данных будет *8-битовый байт*.

В дальнейшем проект был переименован из NPL в System/360, что *должно было означать способность решения любых задач*. По своему размаху проект создания System/360 один из крупнейших коммерческих в истории, *сопоставимый с проектами полета на Луну и освоения западносибирских нефтегазовых месторождений*.

В течение короткого промежутка времени в один проект было инвестировано свыше 5 млрд. долл. (по курсу начала 2000-х гг. это свыше 30 млрд. долл.). Для IBM это была рискованная игра, т.к. *за несколько лет было заново создано практически все*: архитектура, элементная база и системное программное обеспечение.

Компьютеры серии System/360 *были выпущены в 1964 г.*, они обладали производительностью в широком диапазоне – от 0,024 до 1,7 MIPS (миллион инструкций в секунду), имели память от 8кБ до 8МБ, и продавались по ценам от \$2,700 за базовую конфигурацию до \$115,000 за типичную большую мультikonфигурацию. Серия была доступна большому числу компаний. Сопоставимый диапазон в ценах начала 2000-х – от \$133,000 до \$5,500,000 [4.9].

7 апреля 1964 г. Томас Дж. Уотсон-младший, бывший в то время президентом компании IBM, объявил о выпуске семейства ЭВМ System/360 (Система 360, или S/360). Это был один из самых дорогостоящих проектов в истории вычислительной техники. Целью проекта была **разработка семейства различных по производительности и стоимости компьютеров, позволяющих удовлетворить любые запросы пользователей (это отражено в названии семейства: цифра 360 - это полная окружность в градусах)**. Компьютеры этого семейства получили название "мэйнфреймы" (*mainframe*), по названию типовых стоек IBM, в которых размещалось оборудование центрального процессора. Каждый из компьютеров семейства создавался **из набора унифицированных аппаратных и программных модулей**, совместимых на **информационном** (представление и кодирование информации), **программном** (единая система команд и программистская модель) и **аппаратном** (схемотехническая база, электрические сигналы, кабели, разъемы и конструктивы) уровнях. Это позволяло пользователю конфигурировать систему: выбирать процессоры, память, устройства ввода-вывода и компоновать из них систему с необходимыми параметрами. Таким образом удалось достичь высокой степени универсальности System/360 и существенно расширить сферы ее применения. Концепция программно-совместимого семейства компьютеров стала стандартом для всей компьютерной промышленности.

С помощью мэйнфреймов решались самые разные задачи - от расчета заработной платы до управления полетом искусственных спутников Земли. Компьютеры IBM использовались в американской Лунной программе, в режиме реального времени обрабатывались данные во время экспедиций "Аполлонов". На базе System/360 была создана первая в мире система резервирования билетов.

Компьютеры System/360 породили новое явление в компьютерной индустрии, создав так называемую "платформу" - стандарт на аппаратно-программное обеспечение с частично или полностью открытой архитектурой. Независимые компании получили

возможность производить периферийное оборудование и строить собственные системы на этой платформе.

Многое из того, что заложено в System/360, *стало фундаментальной базой для развития компьютеров на следующие десятилетия*. Это разнообразные аппаратные и программные технологии, коммуникационные возможности, микрокод, но прежде всего – *программная совместимость в пределах всего семейства компьютеров* – от самого младшего до самого старшего.

В настоящее время в IBM совместимость поддерживается и между поколениями. Так, программы для System/360 будут работать и на новейших майнфреймах серии Z. Основные разработчики System/360 – Эрих Блох (руководитель направления создания микросхем Solid Logic Technology), Боб Эванс (руководитель всех работ по созданию System/360), Фредерик Брукс (разработчик серии 8000, разработчик семейства операционных систем OS/360).

Проект повлиял и на развитие вычислительной техники в СССР, где был «клонирован» как ЕС ЭВМ.

### ***Форматы представления данных в System/360***

Форматы данных и команд, выбранные для System/360, повлияли на форматы, применяющиеся во всех других компьютерах, поэтому рассмотрим, почему были выбраны именно эти форматы:

- *8-битные символы, 8-битная ячейка памяти;*
- *16-битные полуслова, 32-битные слова, 64-битные двойные слова;*
- *32/64-битный формат чисел с «плавающей» запятой;*
- *Двоично-десятичный формат (упакованный и разупакованный);*
- *Поддержка наборов символов ASCII и EBCDIC;*
- *Выровненные по 16 бит команды.*

При *определении оптимального размера символа* разработчики сравнивали преимущества и недостатки вариантов с длиной 4, 6 и 8 бит.

Они исходили из того, что десятичные цифры требуют 4 бита, а алфавитно-цифровые символы – 6 бит. Плюсы 6-битного подхода, используемого в компьютерах IBM 702-7080 и 1401-7010, так же как в системах других изготовителей – существующее оборудование ввода-вывода, простая спецификация полевой структуры, и соизмеримости с 48-битовым словом с плавающей запятой и 24-битовой областью команды. Подход 4/8 бит, используемый в семействе IBM 650-7074, имел большую эффективность кодирования, запасные биты в алфавитном наборе (возможность добавления знаков), и соизмеримость с 32/64-битным словом с плавающей запятой и 16-разрядной областью команды.

Также рассматривались вариант 12-битного модуля для 3 цифр или 2 букв и вариант 7-битного символа.

Подход 4/6 бит был отклонен, потому что: – сложно оперировать символами/потоками даже в моделях, где десятичная арифметика не используется, *технические сложности этого подхода могли бы стоить больше, чем потраченные впустую биты в символе;*

– решение ограничить набор символов 6 битами было *сочтено близоруким*.



В машинах также *был оставлен двоично-десятичный формат*, т.к. при коммерческом применении он упрощает десятичные расчеты. Выбор в 1961 г. 8-битной кодировки символов оказался верным решением, т.к. в 1963 г. Ассоциации по стандартам адаптировала 7-битный код для обмена информацией (стандарт ASCII). Но в серии System/360 поддерживался не только новый стандарт, но и распространенный расширенный двоично-десятичный код EBCDIC *Extended Binary Coded Decimal Interchange Code*.

BСD — форма записи целых чисел, когда каждый десятичный разряд числа записывается в виде его четырехбитного двоичного кода. Например, десятичное число  $311_{10}$  будет записано в двоичной системе счисления в двоичном коде как  $1\ 0011\ 0111_2$ , а в двоично-десятичном коде как  $0011\ 0001\ 0001_{BCD}$ .

Это обеспечило совместимость как с информацией на старых перфокартах, так и с имеющейся периферией, созданной для предыдущих моделей. *Команды в процессоре были выровнены по 16 бит и могли быть длиной 16, 32 и 48 бит*. Процессор компьютера был построен по регистровой архитектуре, имел шестнадцать 32-битных регистров общего назначения и четыре 64-битных регистра для работы с дробными числами. В процессоре применялся микрокод, позволяющий сохранять функциональность без усложнения архитектуры.

Помимо форматов данных, влияние IBM проявилось даже в нотации. Так, *распространенная восьмеричная запись двоичных чисел была вытеснена шестнадцатеричной*, выбранной для System/360.