

Лекция 3

Конвейерные вычисления (продолжение)

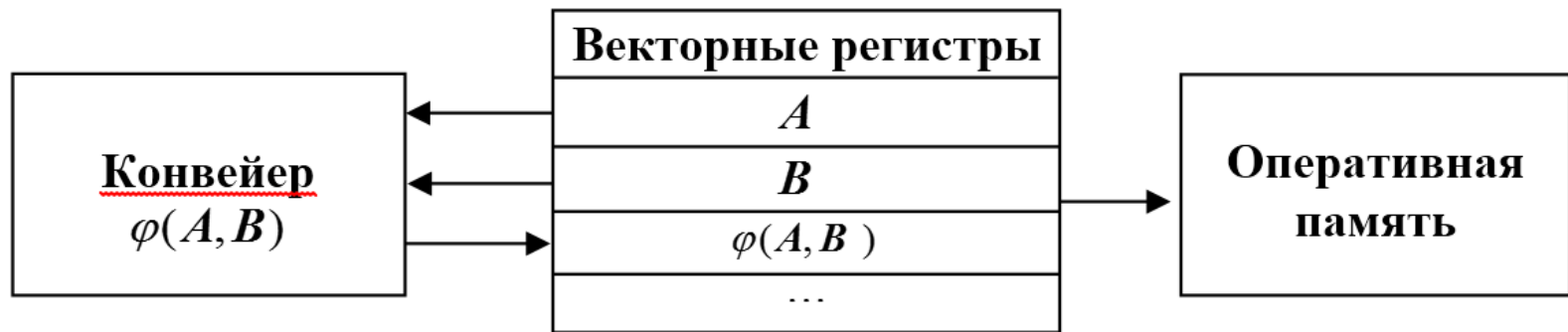
Ефимов Александр Владимирович
E-mail: efimov@cpct.sibsutis.ru

Курс «Архитектура вычислительных систем»
СибГУТИ, 2017

Конвейерные систем типа «регистр-регистр»

Cray Research Inc

Сеймур Крей



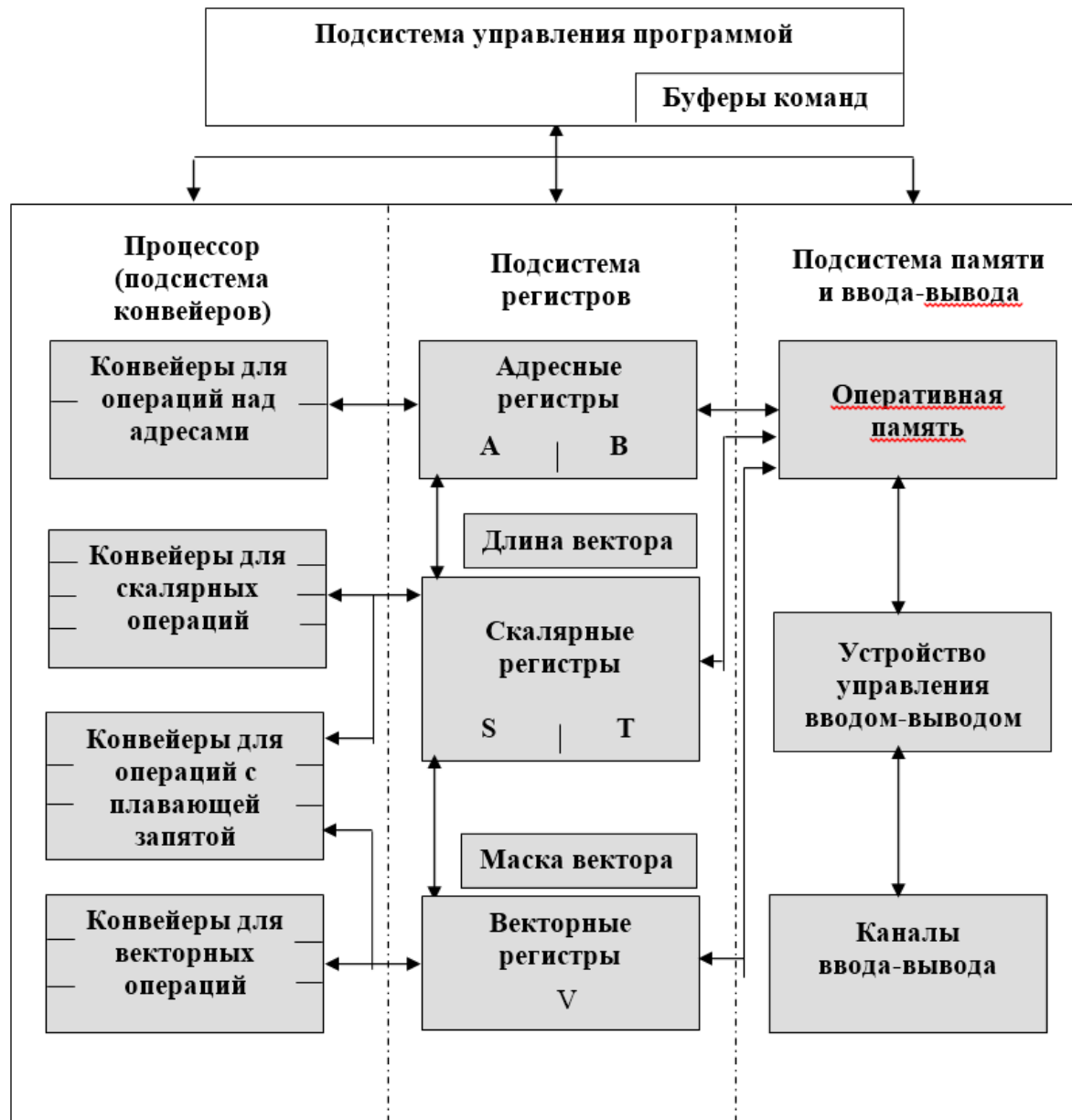
Вычислительная система Cray-1

Cray Research Inc, 1976 г.

Технические характеристики:

- быстродействие – 160 MFLOPS ($16 \cdot 10^7$ опер./с при выполнении операций с плавающей запятой над векторами данных и 37 млн. опер./с – над скалярами);
- емкость оперативной памяти 8–64 М байт;
- длина слова данных – 64 двоичных разряда;
- цена – 5 – 9 млн.\$.

Функциональная структура Cray-1



Функциональные блоки Cray-1

Подсистема управления программой состояла из стандартных устройств (счетчик команд, средства организации ветвлений, устройство прерывания и т.п.) и буферной памяти для команд.

Подсистема конвейеров - композиция из 4 групп функционально ориентированных конвейеров:

- для операций над адресами,
- для скалярных операций,
- для операций над числами с плавающей запятой,
- для векторных операций.

Всего 12 конвейеров,

длительность цикла любого ЭБО – 12,5 нс ($12,5 \cdot 10^{-9}$ с).

Функциональные блоки Cray-1

Группа конвейеров для операций над адресами:

- конвейер для сложения целых чисел (2 ЭБО);
- конвейер для умножения целых чисел (6 ЭБО).

Группа конвейеров для скалярных операций:

- конвейер счетчик (3 ЭБО);
- конвейер сложения целых чисел (3 ЭБО);
- конвейер логических операций (1 ЭБО);
- конвейер сдвига (3 ЭБО).

Конвейер для операций над числами с плавающей запятой

Конвейер для векторных операций.

Функциональные блоки Cray-1

Конвейер операций над числами с плавающей запятой:

- конвейер сложения (6 ЭБО);
- конвейер умножения (7 ЭБО);
- конвейер вычисления обратной величины (14 ЭБО).

Конвейер для векторных операций:

- конвейер сложения целых чисел (3 ЭБО);
- конвейер логических операций (2 ЭБО);
- конвейер сдвига (4 ЭБО).

Функциональные блоки Cray-1

Подсистема регистров включала регистры с программным доступом:

- 1) восемь 24-разрядных адресных *A*-регистров;
- 2) шестьдесят четыре 24-разрядных промежуточных адресных *B*-регистров;
- 3) восемь 64-разрядных скалярных *S*-регистров;
- 4) шестьдесят четыре 64-разрядных промежуточных скалярных *T*-регистров;
- 5) восемь векторных *V*-регистров, каждый из которых способен хранить вектор из 64-х 64-разрядных компонентов.

Функциональные блоки Cray-1

Подсистема регистров по сути сверхоперативная память (с циклом 6 нс), обладающая емкостью 4888 байт, включала регистры с программным доступом:

- 1) восемь 24-разрядных адресных *A*-регистров;
- 2) шестьдесят четыре 24-разрядных промежуточных адресных *B*-регистров;
- 3) восемь 64-разрядных скалярных *S*-регистров;
- 4) шестьдесят четыре 64-разрядных промежуточных скалярных *T*-регистров;
- 5) восемь векторных *V*-регистров, каждый из которых способен хранить вектор из 64-х 64-разрядных компонентов.

Функциональные блоки Cray-1

Подсистема памяти и ввода-вывода

- оперативная память емкостью 1 М слов и состояла из 16 независимых банков по 64 К слов на 72 модулях памяти;
- время цикла одного банка 50 нс (4 цикла системы).

Подсистема ввода-вывода

- 12 входных и 12 выходных каналов, которые обеспечивали суммарную скорость 500 тыс. 64-разрядных слов в секунду.

Система команд Cray-1

128 основных команд, которые могли иметь одну или две 16-разрядных части:

- в виде одной части 7 разрядов отводилось под код операции, по 3 разряда – для адресов двух регистров, в которых хранились два операнда, 3 разряда – для адреса регистра, в который заносился результат;
- в виде двух частей использовались и для адресации основной оперативной памяти.

Числа с фиксированной запятой - 24 или 64 разряда.

Числа с плавающей запятой – 49 мантисса, 15 – порядок.

Операционная система Cray-1

Cray Operating System (COS) обеспечивала режим пакетной обработки (до 63 задач), а так же включала:

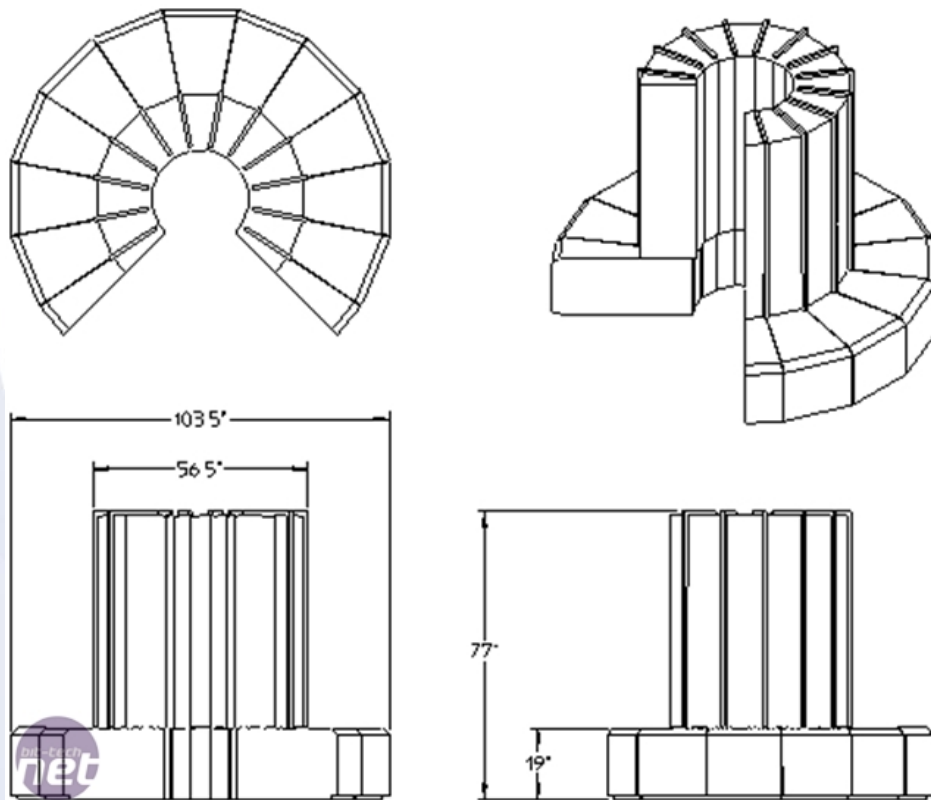
- оптимизирующий транслятор CFT (Cray Fortran Compiler) для языка высокого уровня ANSI 66 FORTRAN IV;
- макроассемблер CAL (Cray Assembler Language);
- библиотека стандартных программ;
- загрузчик и другие сервисные средства.

Особенности архитектуры Cray-1

Обладала способностью **адаптации к структуре решаемой задачи** за счет программного формирования цепочек (макроконвейеров) из произвольного числа конвейеров и с произвольной их последовательностью.

В системе допускалась **параллельная работа как конвейеров, так и элементарных блоков обработки** в пределах любого конвейера.

Конструкция Cray-1



1 фут = 0,3048 м



Литература

Хорошевский В.Г. Архитектура вычислительных систем. Учебное пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005; 2-е издание, 2008.

Хорошевский В.Г. Инженерные анализ функционирования вычислительных машин и систем. – М.: “Радио и связь”, 1987.