

Транспьютеры

Историческая справка

Понятие “транспьютер” возникло в начале 80-х гг., когда английская фирма Inmos, Inc. (Бристоль, Великобритания) анонсировала новый тип высокопроизводительного однокристального 32-разрядного микропроцессора (или 16-разрядного).



Историческая справка

По одной версии, образован из двух слов - *передача* (transmission) и *компьютер* (computer), т.е. транспьютер - это процессор, способный одновременно выполнять вычисления и обмениваться информацией с другими процессорами.

По другой версии, термин “транспьютер” происходит от слов *транзистор* (transistor) и *компьютер* (computer), т.е. транспьютер, подобно транзистору, является простейшим элементом, предназначенным для построения сложных систем.

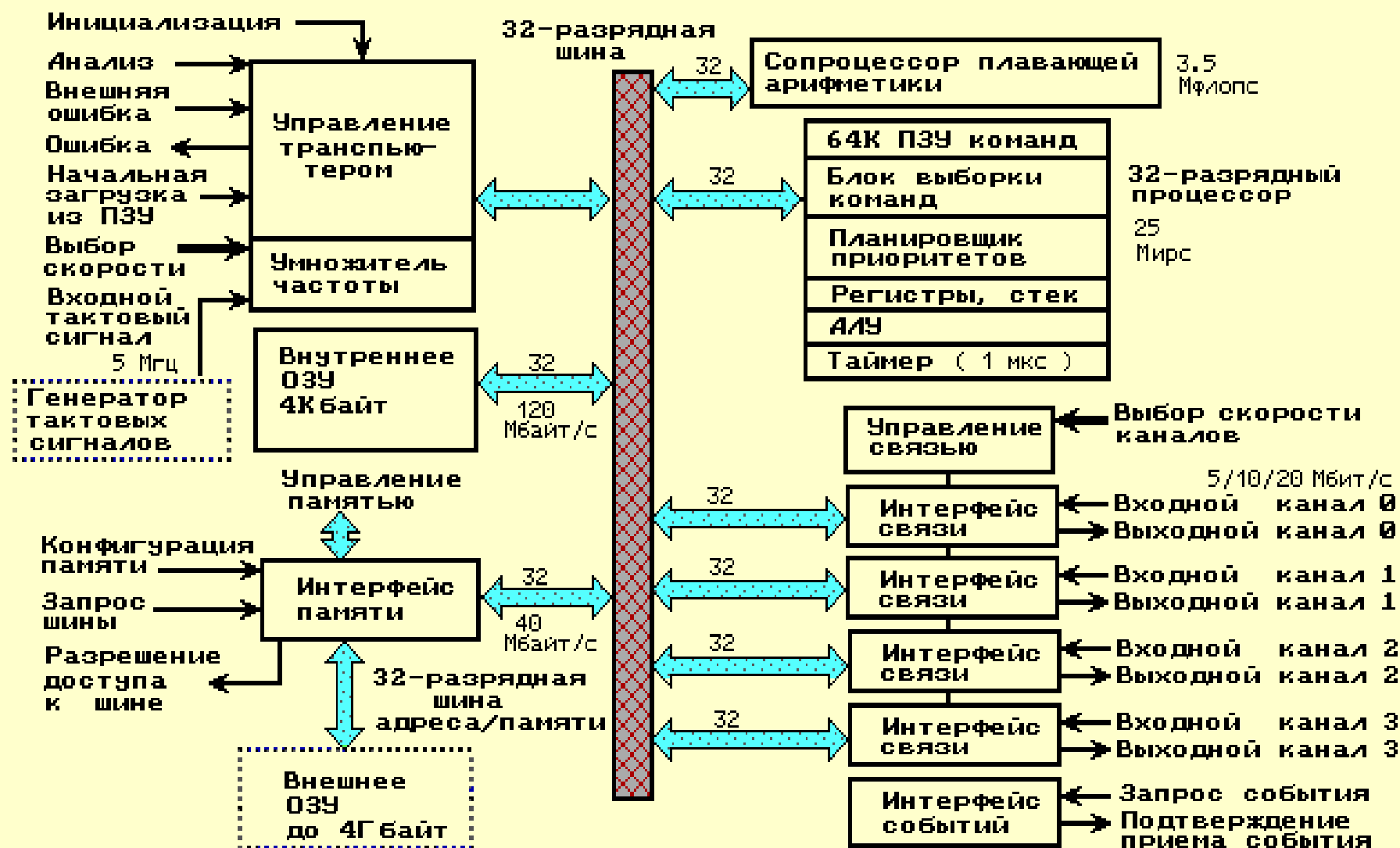
Первые транспьютеры фирмы Inmos

Первые транспьютеры появились на рынке в конце 1985г. Было создано несколько моделей транспьютеров: T212, T414, T800, T805, T9000. На конец 80-х гг. уровень продаж составлял порядка 300-400 тысяч кристаллов в год.

T805 представляет собой 32-разрядную микроЭВМ, имеющую 64-разрядную арифметику с ПТ и обладающую возможностью эффективно поддерживать графические системы. На кристалле размещается ОЗУ емкостью 4Кбайта, схема управления интерфейсом внешней памяти и 4 стандартных канала связи (линка).

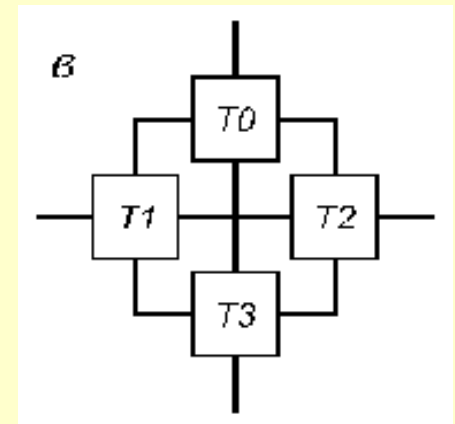
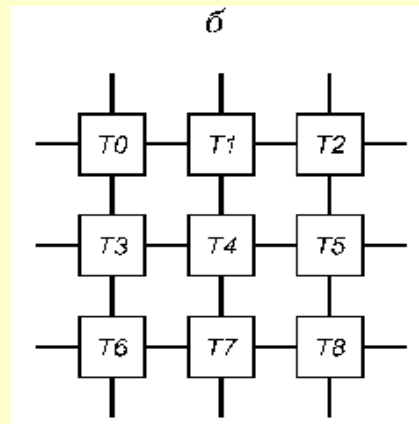
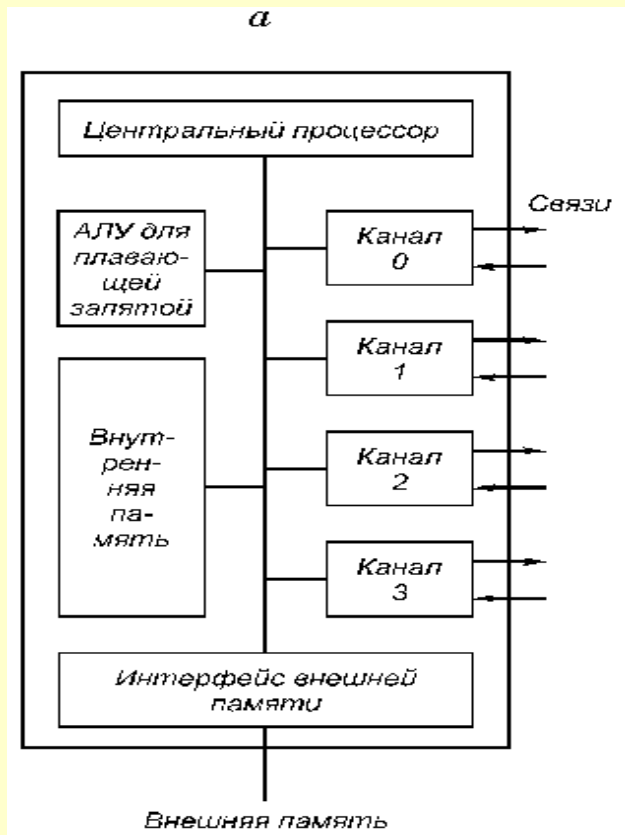
Транспьютер можно рассматривать как первый микропроцессор, специально разработанный для параллельных систем.

Транспьютер T805



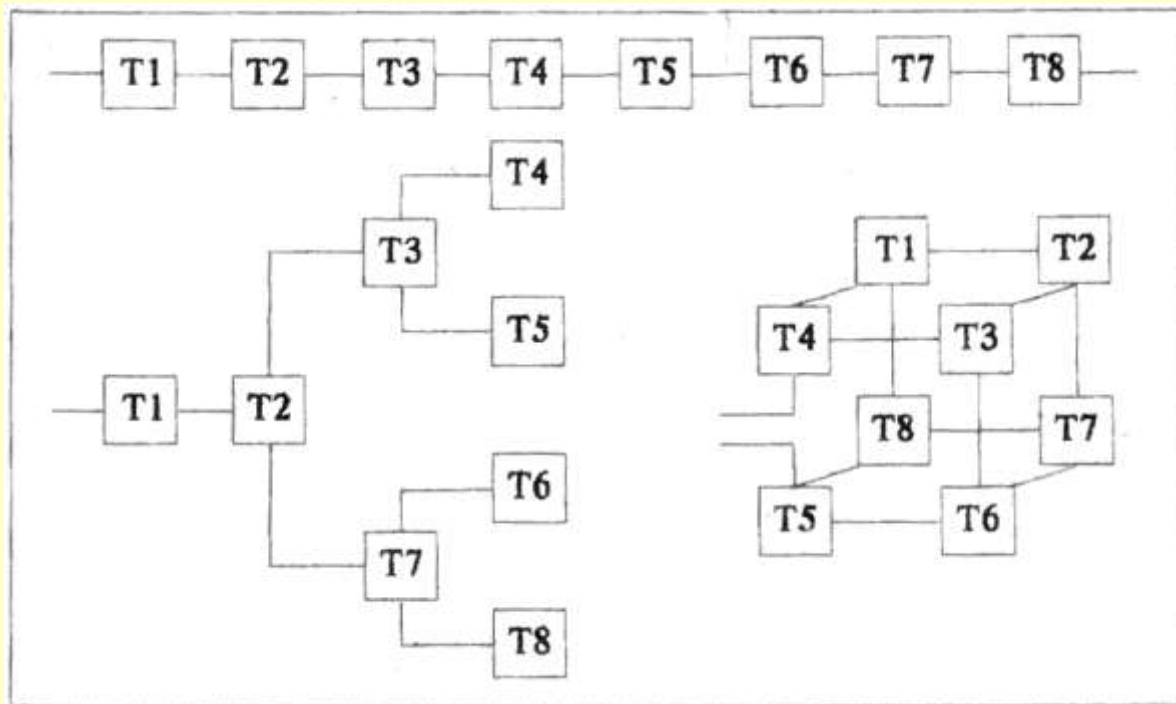
Соединение транспьютеров

Для образования транспьютерных систем требуемого размера каналы различных транспьютеров могут соединяться непосредственно друг с другом.



Соединение транспьютеров

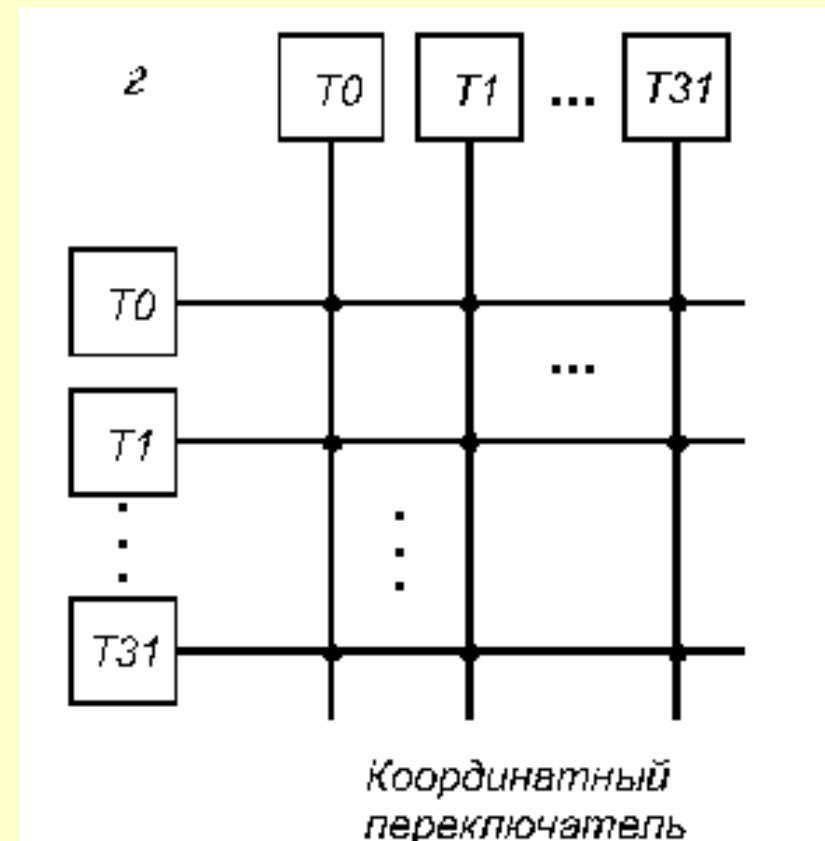
Размер транспьютерных систем не ограничен, а структура системы может быть сетевой, иерархической или смешанной.



Соединение транспьютеров

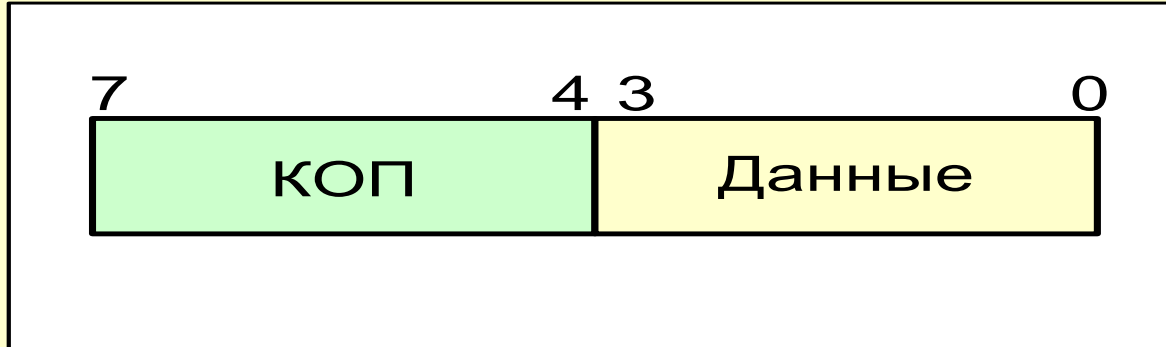
Объединение транспьютеров возможно через коммутаторы типа координатный переключатель на 32 входа и выхода, который обеспечивает одновременно 16 пар связей.

Такие переключатели могут настраиваться программно или вручную и входят в комплект транспьютерных СБИС.



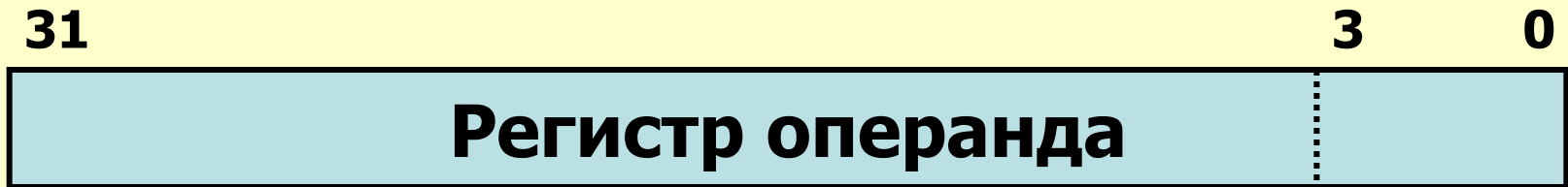
Система команд

Основной формат командного слова – 1 байт



- Четыре разряда кода операции задают 16 базовых операций.
- Из них 13 кодируют наиболее важные и часто используемые операции (как переход по адресу, вызов процедуры, сравнение с константой, загрузка/сохранение машинных слов, указателей).
- Prefix, NPrefix, Operate

Система команд



0-12 – команды управления, пересылки (stop, start, чтение памяти и др.);

13 – PREFIX;

14 – NPREFIX (negative) – для операций вычитания;

15 – OPERATE.

Основных команд - 32

Полный список команд транспьютера включает 110 команд. Они делятся на две группы: с прямой адресацией (1 байт) и с косвенной адресацией (2 или более байт).

Язык программирования ОККАМ

Транспьютер - это мощный микропроцессор с сокращенным набором команд и стековой архитектурой, ориентированный на эффективную реализацию языка Оккам (Occam).

Язык Оккам разработан на основе концепции взаимодействующих последовательных процессов - CSP.

Созданная сэром Чарльзом Энтони Ричардом Хоаром (C.A.R. Hoar) в 1984 году концепция CSP позволила группе ученых из Оксфорда под руководством Дэвида Мэя разработать процедурный язык параллельного программирования высокого уровня Occam.

Язык программирования ОККАМ

Язык получил название в честь английского философа XIV века Уильма Оккамского и его знаменитой сентенции, известной как бритва Оккама: «Не следует множить сущее без необходимости».

Оссат является типичным языком высокого уровня, синтаксически похожим на Pascal или C, но его набор операторов и синтаксис доведены до минимума – ничего лишнего.

Согласно Хоару Оккам-программа – это процесс.
Сложные процессы строятся из процессов-примитивов.

Язык программирования ОККАМ

Основой языка Оккам являются:

- средства описания параллелизма выполняемых процессов;
- средства описания межпроцессорного обмена данными;
- и средства описания размещения процессов по единицам оборудования.

Процессы могут выполняться как последовательно, так и параллельно. Параллельные процессы взаимодействуют с помощью каналов.

Процессы считывания из канала и записи в канал хорошо согласуются с архитектурой: есть команды, предназначенные для компиляции этих процессов, а сама интегральная схема транспьютера обладает четырьмя независимыми каналами (линками) связи с другими элементами вычислительной структуры.

Структура транспьютера T-800

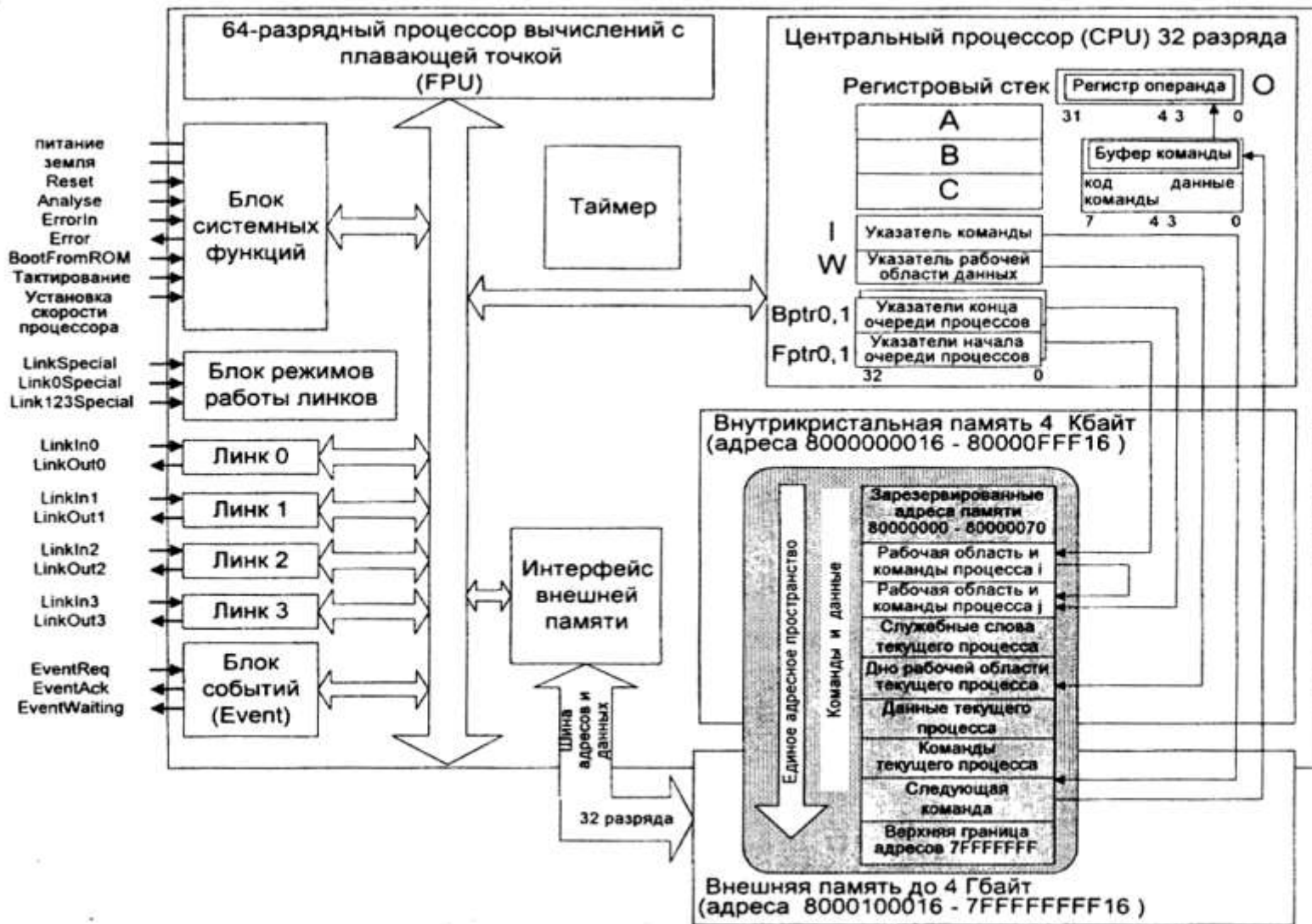


Рис. 4.1. Структура транспьютера T800

Язык программирования ОККАМ

Основные конструкции:

- If
- While
- PAR
- SEQ
- ALT

Конструкция является процессом и может использоваться как компонента другой конструкции.

Оккам – иерархический язык с блочной структурой.

Чтобы записать последовательный процесс, необходимо записать SEQ, а затем записать его подпроцессы в порядке сверху вниз.

Процесс SEQ считается законченным, когда последовательно будут выполнены все его подпроцессы.

Язык программирования ОККАМ

Параллельные процессы формируются с помощью конструктора PAR (аналог оператора FORK), например:

PAR

a: = b - 5

d: = b + 1

Порядок выполнения подпроцессов является произвольным.

Параллельный процесс считается законченным, когда выполнены все его подпроцессы.

Язык программирования ОККАМ

Операции ввода-вывода:

SEQ

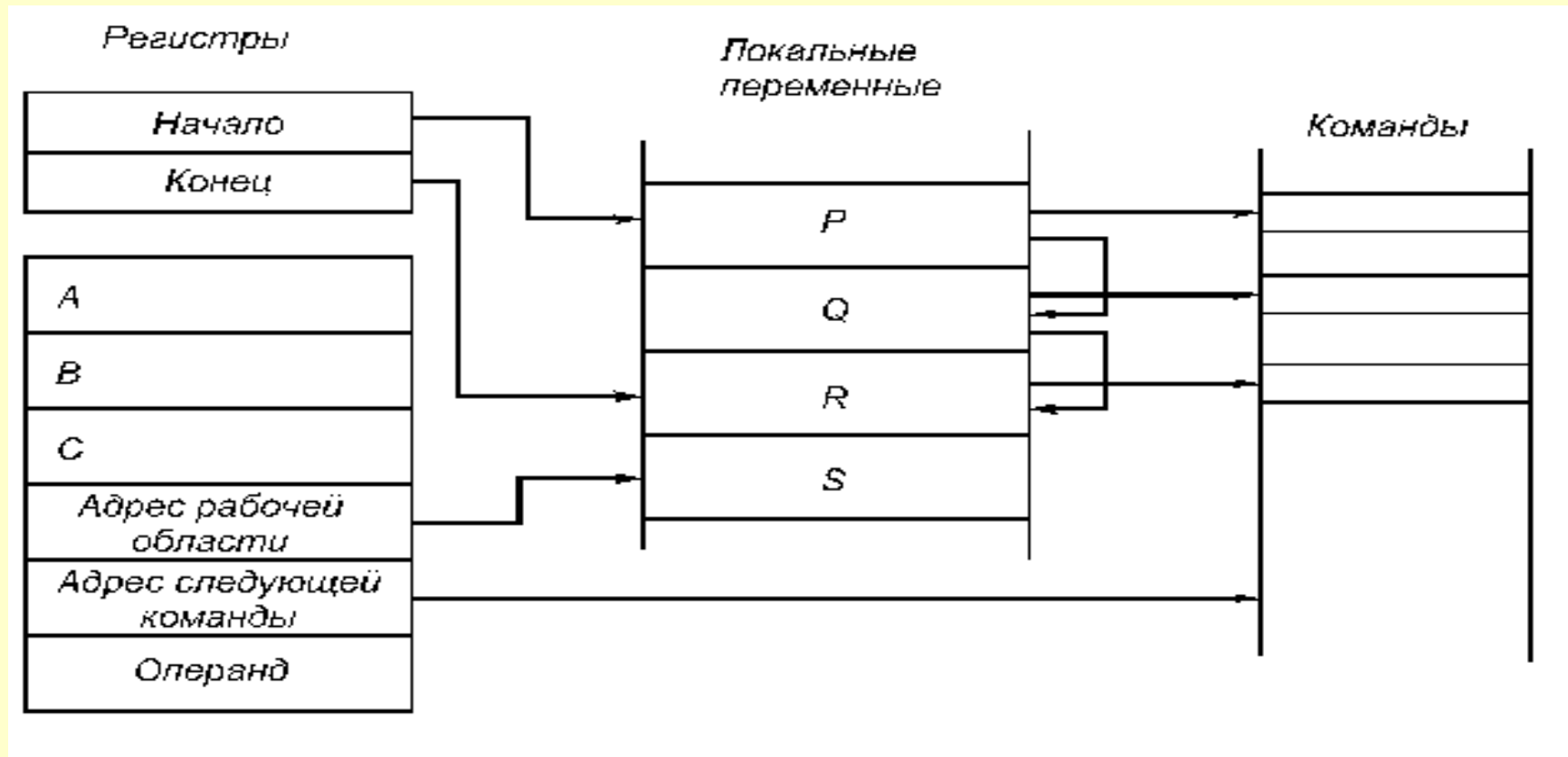
c1 ? x

c2 ! x * x

Подпроцессы в этом конструкторе SEQ обозначают следующее: сначала через канал c1 в транспьютер вводится значение, которое будет размещено в ячейке x. (знак "?" обозначает операцию ввода).

Второй подпроцесс вычисляет выражение $x * x$ и результат выводит из транспьютера через канал c2. (знак "!" обозначает операцию вывода).

Организация вычислительных процессов в транспьютере



В ЦП используются 6 регистров по 32 разряда каждый:

- указатель рабочей области для локальных переменных программы;
- указатель следующей команды;
- регистр операндов, в котором формируются операнды и команды;
- *A*, *B* и *C* – регистры, образующие вычислительный стек.

Организация вычислительных процессов в транспьютере

- Транспьютер может одновременно обрабатывать любое число параллельных процессов.
- Имеется специальный планировщик, который производит распределение времени между процессами.
- В любой момент времени параллельные процессы делятся на два класса:
 - *активные процессы* (выполняются или готовы к выполнению)
 - *неактивные процессы* (ожидают ввода-вывода или наступления определенного времени)

Организация межтранспьютерного взаимодействия

Транспьютер выполнен на одном кристалле СБИС и является эффективным модулем для построения многопроцессорных систем.

Он включает

- средства для выполнения вычислений
(ЦП, сопроцессор с ПЗ, внутрикристальную ОЗУ)
- 4 канала для связи с другими транспьютерами и УВВ
(Links)

Каждый канал транспьютера физически состоит из двух «одноразрядных» каналов:

L i n k . i n - для работы в прямом направлении

L i n k . o u t – для работы в обратном направлении.

Организация межтранспьютерного взаимодействия

Для организации этого обмена используются команды транспьютера "input message" и "output message".

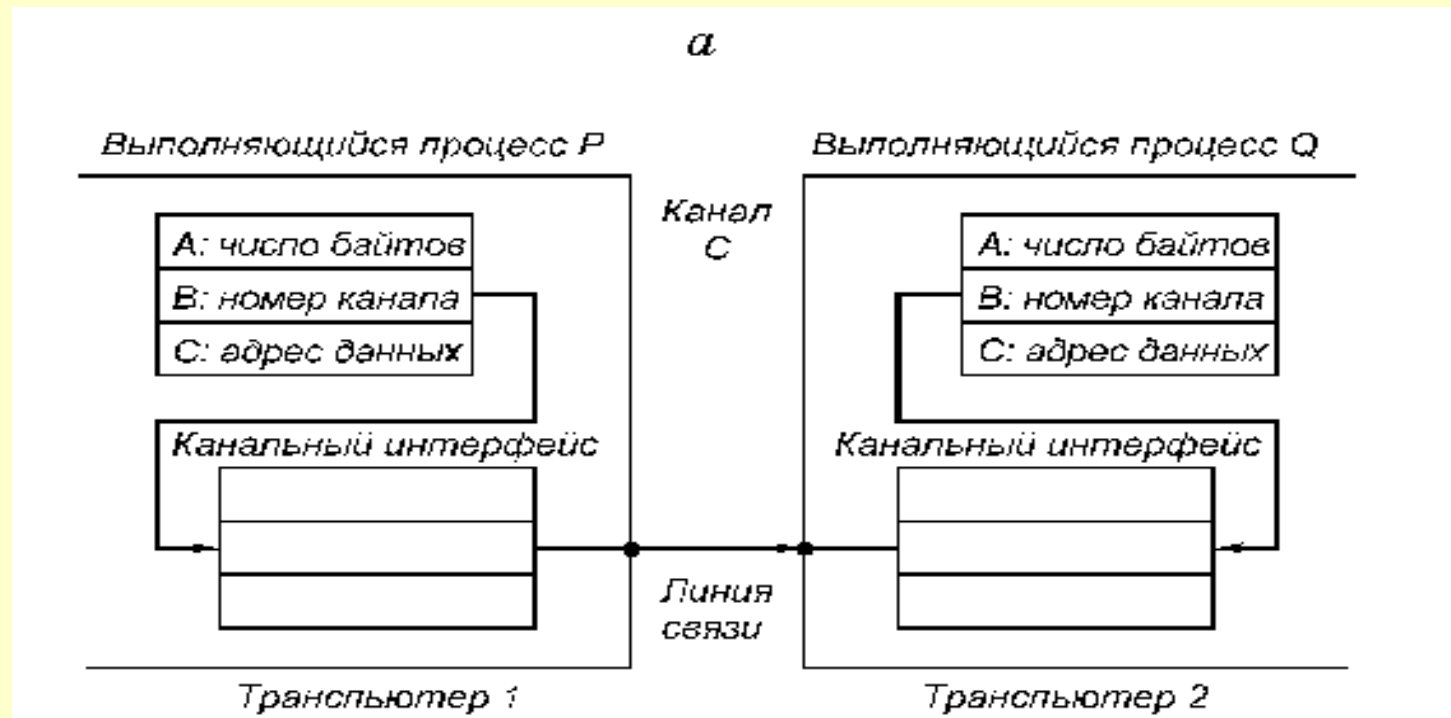
Каждый канальный интерфейс использует три своих регистра:

- для указателя на рабочую область процесса,
- для адреса пересылаемых данных,
- для количества пересылаемых байтов.

Процессы P и Q, выполняющиеся на различных транспьютерах, обмениваются данными по внешнему каналу C, реализованному в виде линии связи, соединяющей эти два транспьютера.

Организация межтранспьютерного взаимодействия

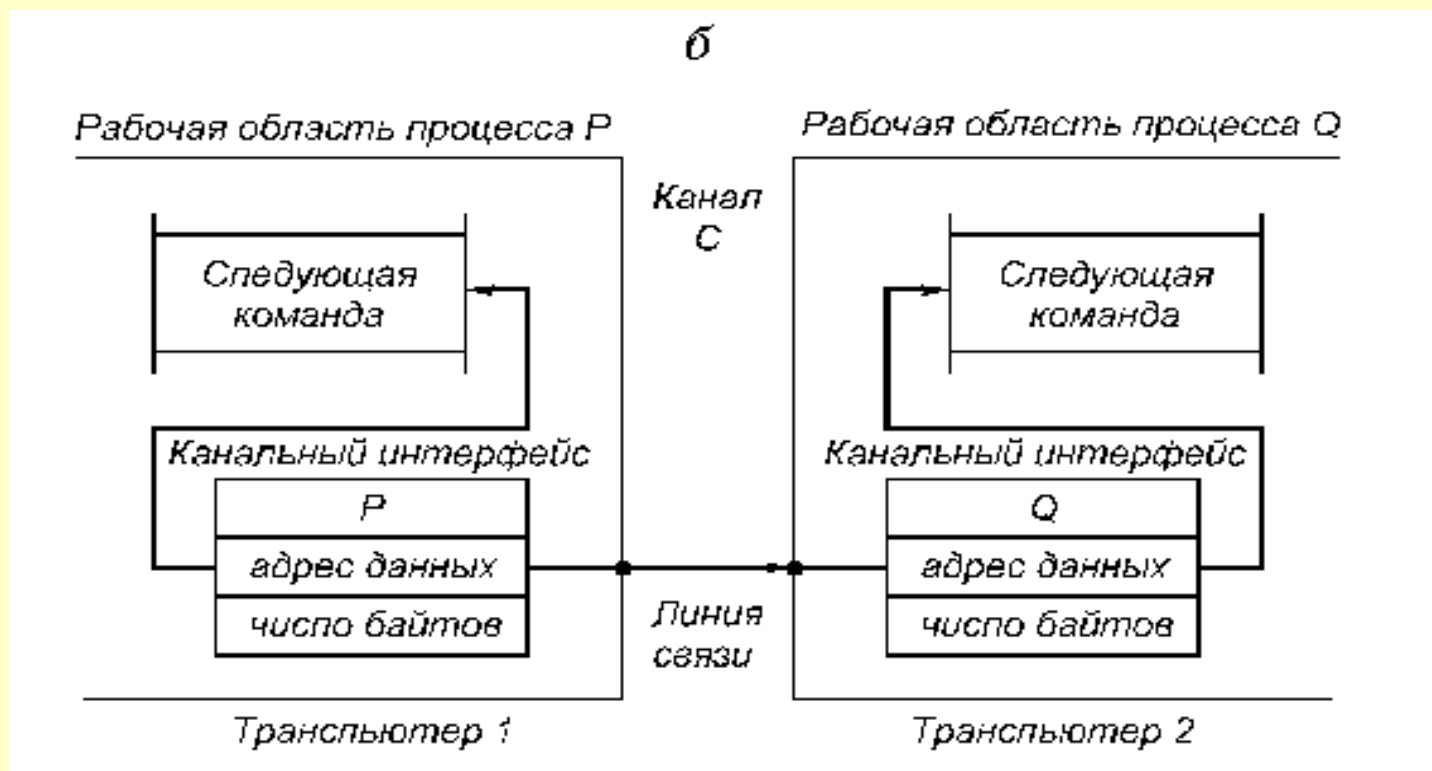
Пример. Пусть Р передает данные, а Q принимает. Когда процесс Р выполняет команду *output message*, регистры канального интерфейса транспьютера, на котором выполняется Р, инициализируются, а процесс Р прерывается и становится неактивным.



Организация межтранспьютерного взаимодействия

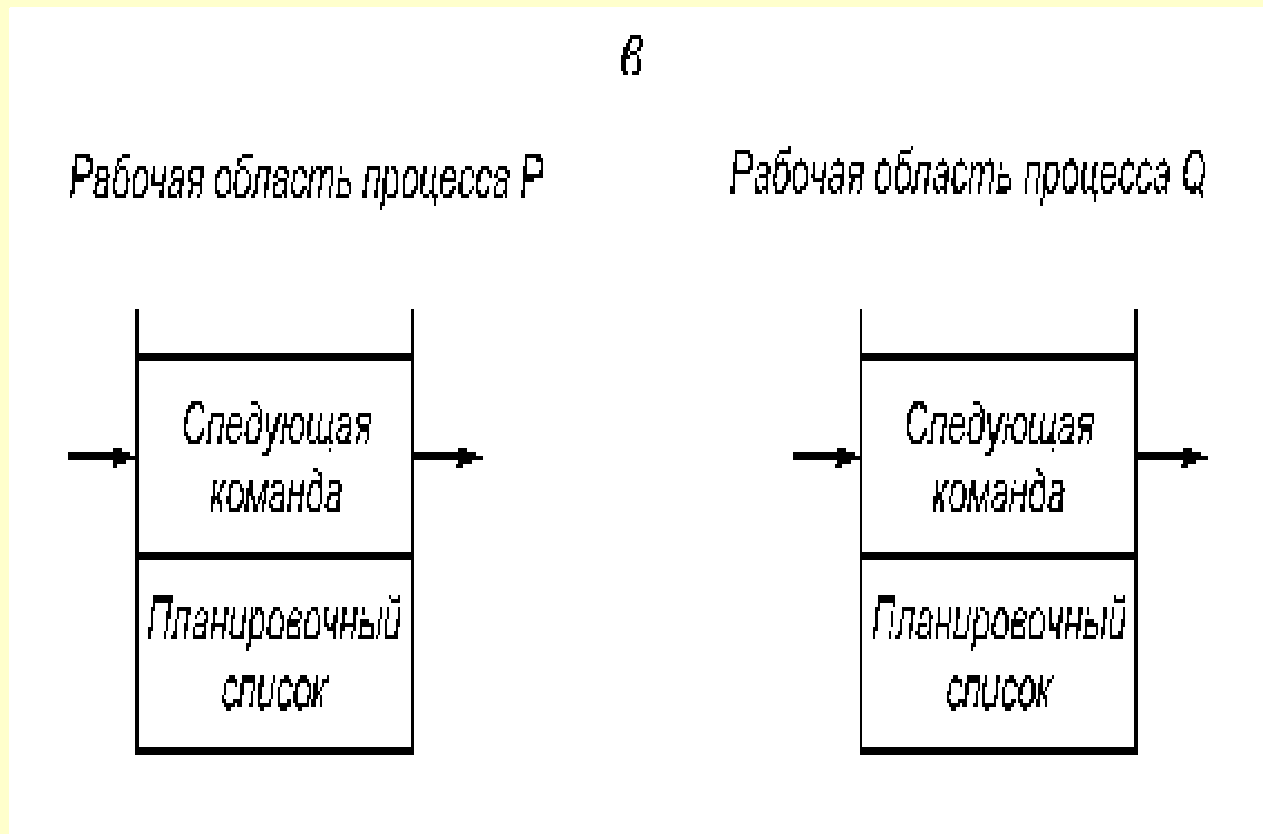
Аналогичные действия происходят на другом транспьютере при выполнении процессом Q команды *input message*.

Когда оба канальных интерфейса инициализированы, происходит копирование данных по межтранспьютерной линии СВЯЗИ.



Организация межтранспьютерного взаимодействия

После этого процессы Р и Q становятся активными и возвращаются в свои планировочные списки.



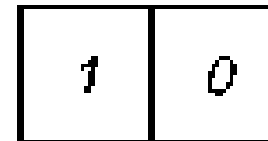
Передача данных

Для пересылки данных используется простой протокол, не зависящий от разрядности транспьютера, что позволяет соединять транспьютеры разных типов.

Сообщения передаются в виде отдельных пакетов, каждый из которых содержит один байт данных, поэтому наличие буфера в один байт в принимающем транспьютере является достаточным для исключения потерь при пересылках.



Пакет данных



*Пакет
подтверждения*

Передача данных

Обмен данными может идти одновременно по всем четырем линиям связи параллельно с работой процессора.

Транспьютер различает два вида каналов связи:

- *физические каналы* - связывают процессы, работающие на разных транспьютерах
- *логические каналы* - связывают процессы, работающие на одном и том же транспьютере.

Это позволяет писать прикладные программы, не привязываясь к конкретной топологии транспьютерной сети (виртуальные каналы).

Транспьютерная плата IMS B008

Вычислительная транспьютерная плата IMS B008 – служит для создания небольших транспьютерных стоек (сетей), подключаемых к шине IBM PC - совместимых ПК.

Транспьютер является главным элементом транспьютерного модуля - ТРАМ`а.

ТРАМ`ы имеют разные физические размеры, которые стандартизованы и пронумерованы (1, 2 и т.д.).

ТРАМ`ы размещаются на объединительных платах и:

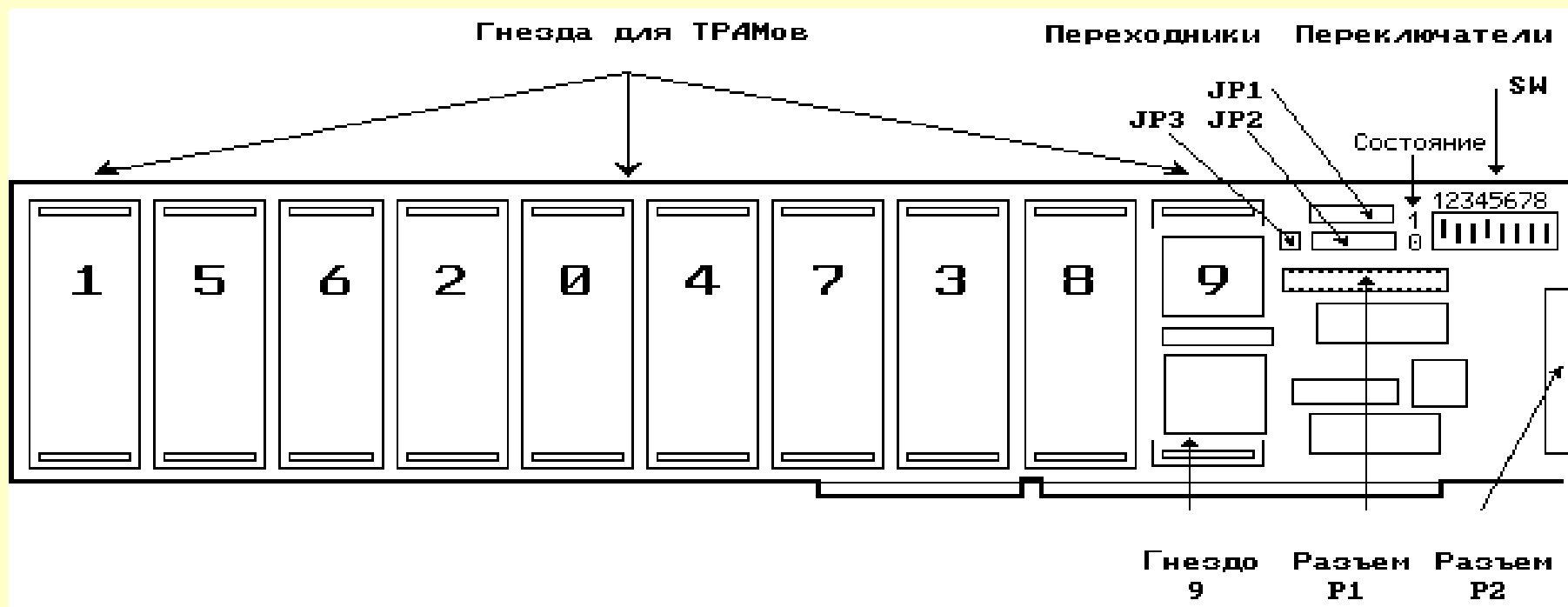
- либо непосредственно включаются в некоторый базовый компьютер (*например, IBM PC*)
- либо соединенные друг с другом составляют сетевой компьютер (*например, Parsytec GC*).

Транспьютерная плата IMS B008

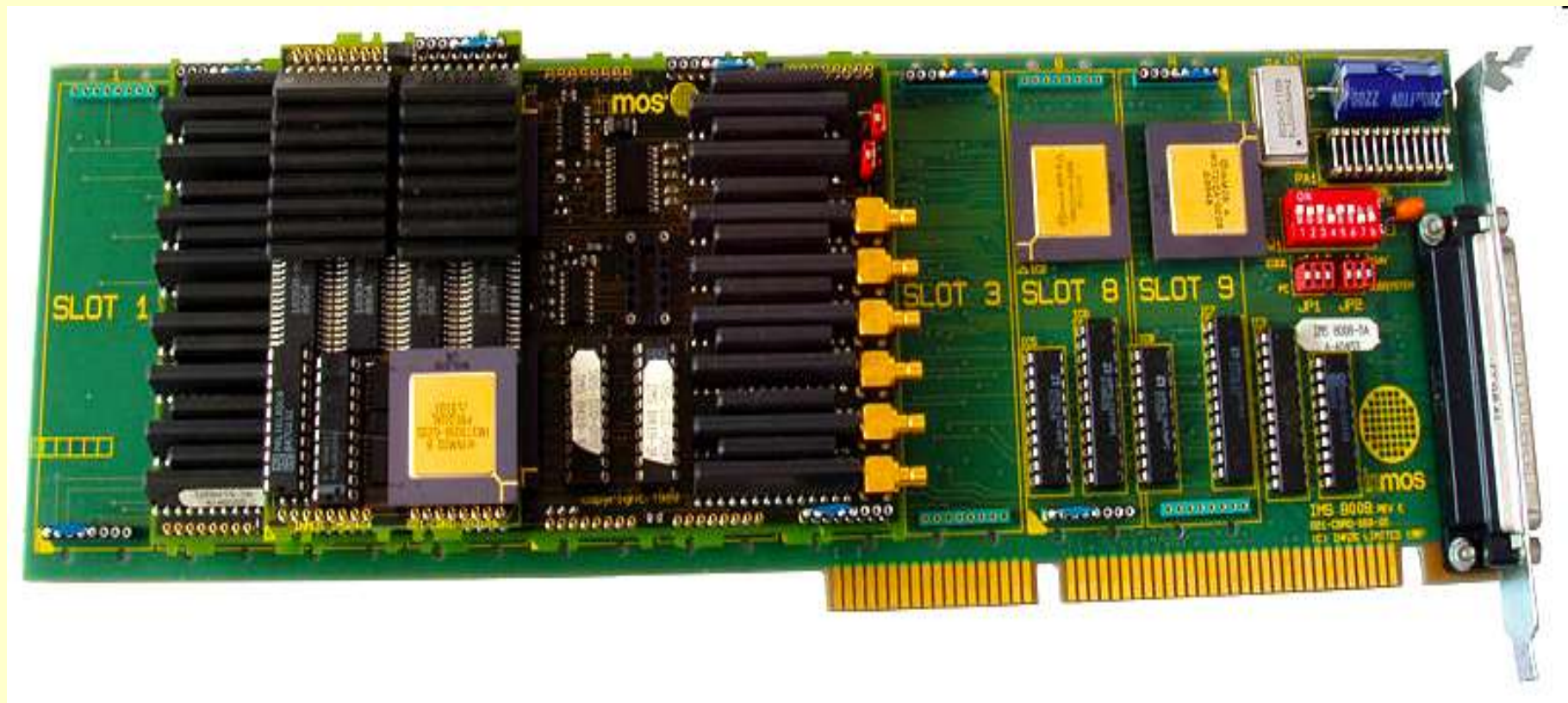
Переходники (JP1,JP2,JP3) реализуют разные варианты соединения IMS B008 с другими элементами сети.

Переходник JP1 связывает первую IMS B008 с IBM PC, а JP2 – n-ю плату IMS B008 с (n+1)-й платой IMS B008.

Переходник JP3 соединяет 3-е и 4-е гнезда в конвейер.



Транспьютерная плата IMS B008



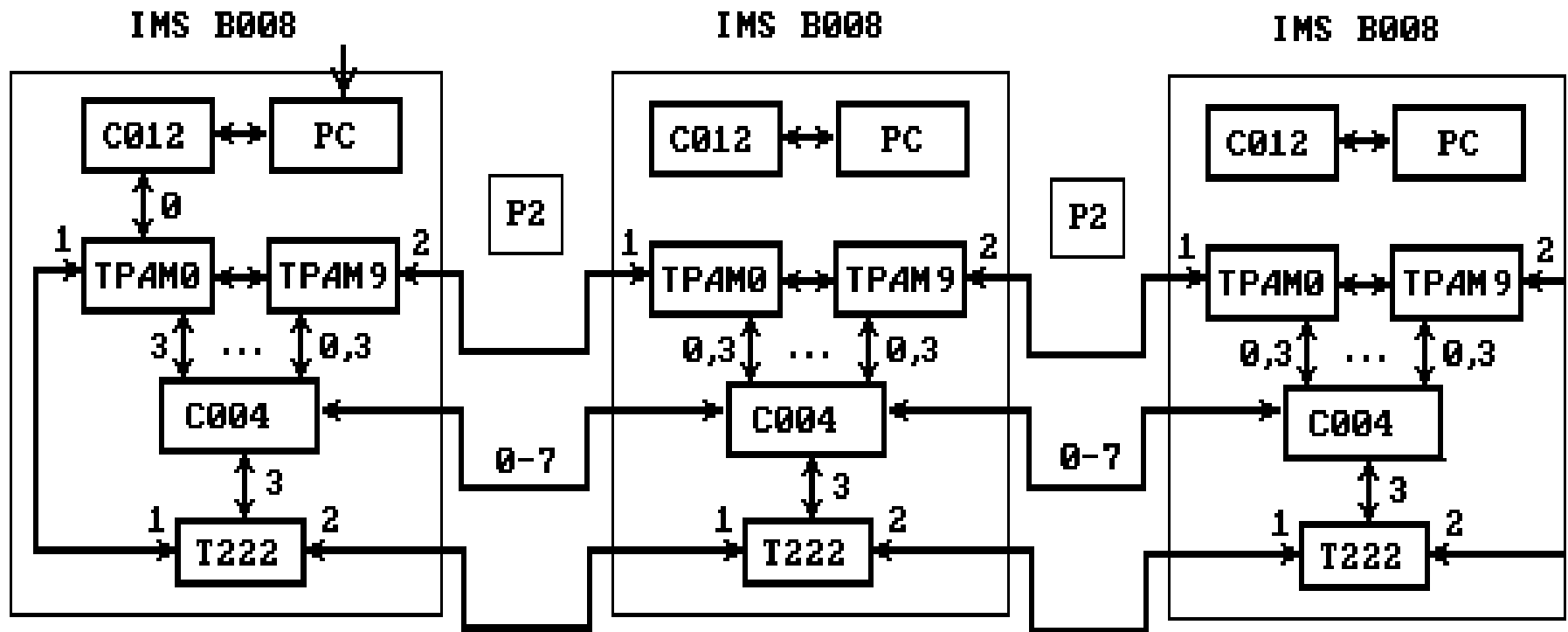
Транспьютерная плата IMS B008

В состав платы входят:

- 10 гнезд для подключения ТРАМ`ов разного размера.
- Интерфейс с шиной IBM PC, включающий канальный адаптер IMS C012, порт системных управляющих сигналов, схемы управления прерываниями и ПДП к памяти PC.
- Программируемый переключатель линий связи IMS C004 и 16-разрядный транспьютер IMS T222, управляющий переключателем.
- Конфигурационные переключатели (SW1-SW8), состояние которых определяет быстродействие линий связи, вид распространения управляющих сигналов.

Пример реализации сети из IMS B008

Плата IMS B008 содержит программируемый групповой переключатель IMS C004, что дает возможность формировать на ее основе транспьютерные сети с изменяемой топологией.



Программируемый групповой переключатель IMS C004

Соединяет между собой входные и выходные каналы 32 линий последовательной передачи данных.

Позволяет строить транспьютерные сети, топологию которых можно менять программным путем.

Управление переключателем осуществляется 33-ей последовательной линией, называемой *конфигурационной линией*.



Транспьютерная система Parsytec GC

Parsytec GC - это серия высокопроизводительных MIMD систем с распределенной памятью.

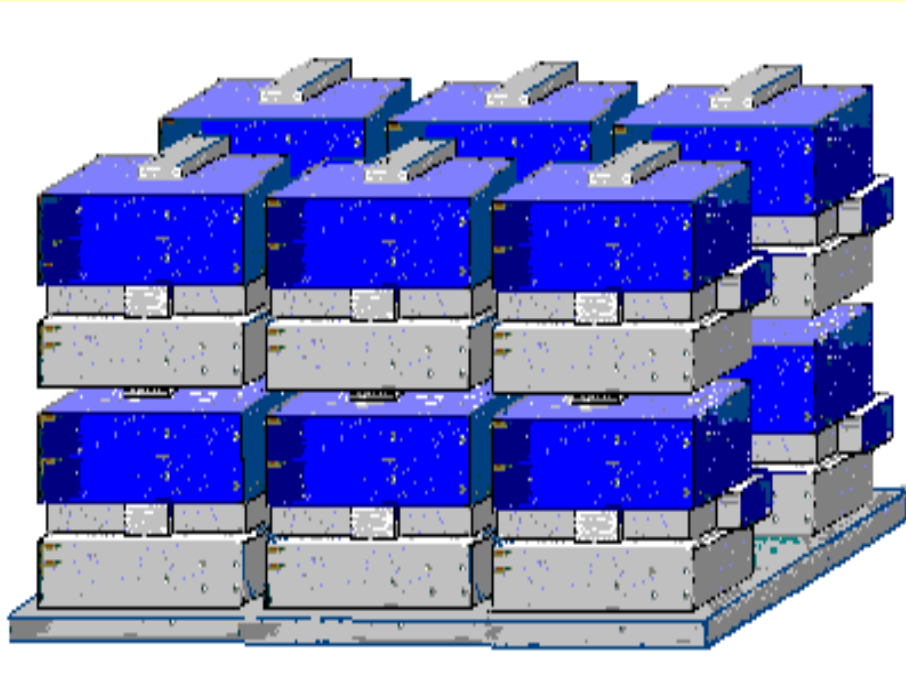
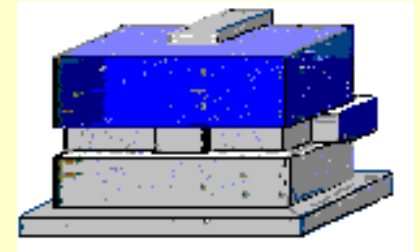
Каждый узел вычислительной сети является автономным компьютером с собственной памятью, который в процессе работы обменивается данными с другими узлами (GC - GigaCube или GigaCluster).

Число вычислительных узлов варьируется от 64 до 16384 (GC-5) и более.

Процессорным элементом обычно является транспьютер INMOS T805.

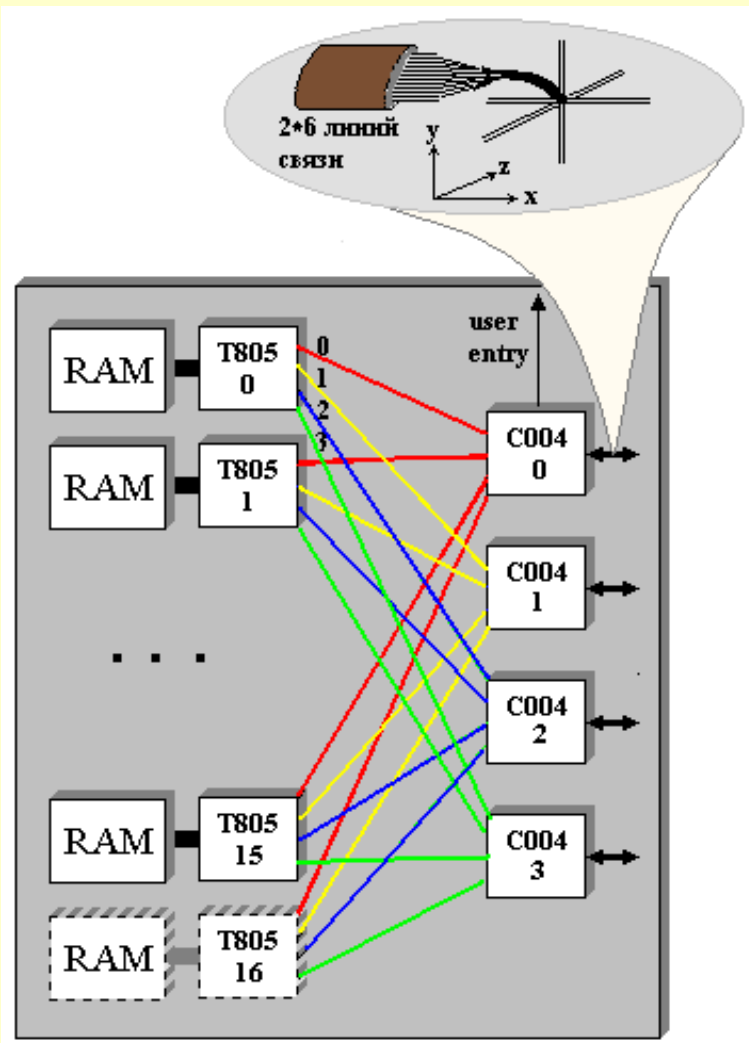
Транспьютерная система Parsytec GC

Система Parsytec GC спроектирована как пространственная трехмерная сеть из 8x8x16 кластеров.



Кластеры, которые можно рассматривать как высокопроизводительные вычислительные узлы сети, соединяются линиями связи вдоль всех трех направлений.

Транспьютерная система Parsytec GC

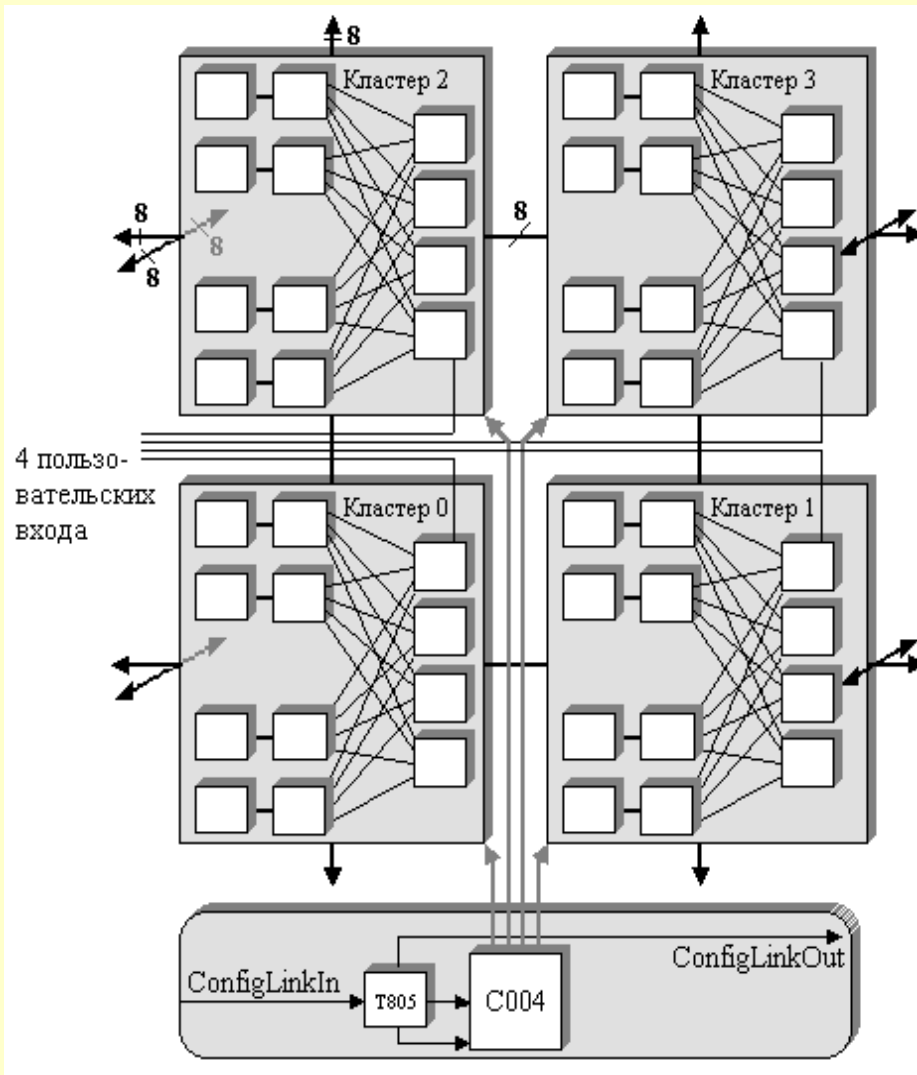


Каждый кластер содержит 16 основных процессорных элементов и один дополнительный, используемый при отказе одного из основных.

На каждом кластере 48 линии связи переключателей используется для соединения с соседними кластерами – по 8 линий для каждого из 6-ти направлений.

Одна линия связи кластера (user entry) служит для связи с внешним компьютером.

Транспьютерная система Parsytec GC



Куб, содержащий $64 + 4$ процессорных элемента, дополнительно содержит один транспьютер, называемый управляющим процессором, и один переключатель C004.

Они обеспечивают конфигурирование GC системы и производят начальную загрузку системы.

Кроме того, управляющие транспьютеры следят за правильной работой системы

Операционная система PARIX

Эффективность выполнения программ и простота программирования, благодаря:

- исполняемые программы реализуют SPMD-модель (одна и та же программа, параметризованная относительно идентификатора процессора, выполняет на всех процессорах);
- сеть процессоров имеет фиксированную регулярную топологию;
- набор высокоуровневых коммуникационных операций использует микроядро ОС, работающее на всех процессорах и обеспечивающее маршрутизацию сообщений.

Операционная система PARIX

Технологические и архитектурные решения, используемые фирмой Parsytec, позволяют строить гибкие, эффективные параллельные системы, обеспечивающие как высокую концентрацию процессоров, так и тесную связь между ними.



Программы для GC систем можно реализовать как с помощью системы программирования INMOS toolset, так и средствами операционной системы PARIX фирмы Parsytec.

Уровни программного обеспечения ОС PARIX

Транспьютер T9000

Транспьютер T9000 выпущен в серию в 1994 году.

Основная идея состояла в том, чтобы резко поднять быстродействие за счет суперскалярной обработки - T9000 может выполнять более 1 команды за такт.



Транспьютер Т9000

Т9000 имеет следующие особенности:

- Введен 5-ступенчатый конвейер: выборка команды, генерация адреса, выборка операнда из памяти, операция АЛУ-І/АЛУ-Е, запись результата.
- Возможно одновременное выполнение нескольких команд как за счет конвейеризации, так и за счет распараллеливания операций на ступенях конвейера.

Транспьютер Т9000



Транспьютер T9000

- Внутренняя память имела объем более 16 Кбайт и в зависимости от необходимости могла использоваться или как КЭШ-память или как адресная память.
- Введено устройство группирования команд, которое выявляет пары параллельных инструкций в процессе исполнения программы.
- Был введен блок виртуальных каналов, число которых для пользователя не ограничено.
- Аппаратура динамически преобразует номера виртуальных каналов в номера физических каналов.

Транспьютер T9000

В комплект T9000 входила микросхема коммутатора IMS C104, которая имела 32х32 неблокируемых одноразрядных линий.

C104 позволяет строить многотранспьютерные системы практически неограниченного размера.

Комплекты T9000 использовались как для построения мощных многотранспьютерных систем, так и для построения акселераторов для ПЭВМ.

В области транспьютерных акселераторов работают фирмы: INMOS (семейство плат TRAM), Microway (Biputer, Quadputer), Quintek (Fast4, Fast9, Fast17) и другие.

Основные характеристики транспьютеров

Тип транспьютера , год	Состав АЛУ, объем внутренней памяти	Частота синхронизации, МГц	Быстродействие	Число транзисторов, млн.
T414 (1985)	АЛУ-I-32 разр. 2 Кбайт	15 20 10	MIPS 0,1 MFLOPS	0,2
T800 (T805)	АЛУ-I-32 разр. АЛУ-F-64 разр. 4 Кбайт	20 30	35 MIPS 2,2 MFLOPS (3,5 MFLOPS)	0,3
T9000 (1995)	АЛУ-I-32 разр. АЛУ-F-64 разр. 16 Кбайт	20 40 50	200 MIPS 25 MFLOPS	3,3

Применение транспьютеров

Можно выделить следующие прикладные области применения транспьютерных систем:

- высокопроизводительные мультипроцессорные ВС для решения математических задач, требующих больших объемов вычислений;
- высокопроизводительные графические системы;
- рабочие станции для цифровой обработки сигналов;
- параллельные Супер-ЭВМ и мини Супер-компьютеры;
- обработка распределенных баз данных;
- телекоммуникационные системы;
- робототехника;
- отказоустойчивые системы;
- системы обработки речи;
- распознавание образов;
- искусственный интеллект.