

**КОГЕРЕНТНО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ  
И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ**

**В.К. Быховский**

**Введение**

**Информационно-обработывающие системы III-го поколения**

Как известно, современные информационно-обработывающие системы (ИОС) III-го поколения работают на основе принципа программного управления схемами-исполнителями. Программа управления хранится в памяти ИОС, и поступает команда за командой на регистр дешифратора устройства управления. Здесь каждая команда интерпретируется и исполняется, запуская в работу определенную схему-исполнитель с передачей ей подлежащей информации и с получением от нее должных результатов.

С этой точки зрения ИОС представляет собой автоматизированную систему управления исполнительными схемами (сложения, сравнения, ввода, вывода и т.д.). Программирование ИОС заключается в указании последовательности команд и форм представления данных, подлежащих переработке с помощью этих команд. Программа управления должна быть подготовлена заранее и записана в память ИОС, после чего возможно автоматическое (без участия человека) управление схемами-исполнителями.

В настоящее время программирование работы ИОС производится путем составления надлежащей программы на машинном языке или на входных языках систем автоматического синтеза программы (систем математического обеспечения: трансляторов, генераторов и т.д.). В конечном итоге полученная машинная программа записывается в память ИОС и производит установку каждого бита памяти в надлежащее состояние (0 или 1). Как известно, настройка памяти программой производится последовательно, бит за битом (или последовательно-параллельно, словами из нескольких битов).

Структура каждой программы (настройка памяти) в конечном итоге определяется необходимостью согласовать результаты работы ИОС с комплексом  $\Gamma$  функциональных требований, предъявляемых к нему. Хотя результаты работы ИОС в существенной степени зависят от структуры и возможностей исполнителей, настройка памяти может быть произведена и в отрыве от конкретного смысла (семантики) исполнителей. При этом, конечно, дешифровка одного и того же управляющего сигнала (команды) различными исполнительными системами будет осуществляться неодинаково. "Хорошо" или "плохо" интерпретация управляющих сигналов - этот вопрос должен решаться в рамках системы, содержащей критерий работы ИОС (критерий того, что "хорошо" и что "плохо").

Рассмотрим задачу настройки памяти независимо к стадии интерпретации управляющих сигналов (команд) системой интерпретации и исполнения. Поскольку настройка памяти определяется структурой комплекса  $\Gamma$  (см. выше), целесообразно обеспечить по возможности прямой канал связи между этим комплексом (т.е. внешней ситуацией) и памятью так, чтобы сделать процесс настройки памяти внешними сигналами по возможности автоматическим. Однако современное оборудование мало приспособлено для этого; настройка памяти производится элемент за элементом (бит за битом), причем единственная возможная система кодирования (или модуляция) основана на использовании двоичных кодов. Последовательность двоичных кодов модулируется программистом с учетом семантики исполнительной системы и с учетом комплекса  $\Gamma$  внешних требований. Так возникает двоичная программа управления исполнительной системой и соответствующая этой программе настройка памяти ИОС.

Итак, в современных ИОС в качестве быстродействующего

(транзитивного) носителя информации используется одномерная последовательность двоичных импульсов, в качестве памяти - поэлементная память последовательной настройки и в качестве устройств ввода/вывода - поэлементные системы ввода/вывода.

Параллельность обработки -  
- характерная черта ИОС IV-го поколения

Как известно, новый шаг в направлении резкого повышения эффективности обработки информации был сделан в рамках концепции однородных вычислительных систем и сред [1]. Информация поступает по многим изолированным параллельным каналам с устройств ввода и параллельно записывается в память, настраивая ее надлежащим образом. На стадии управления информация параллельно поступает на систему интерпретации и исполнения, и полученные результаты работы ИОС параллельно выводятся на устройства вывода.

Накопительная среда, будучи параллельной и однородной, остается, однако, поэлементной в том смысле, что имеется одно-значное соответствие между единицей информации и ее местом в памяти. Хотя по сравнению с архитектурой ИОС III-го поколения параллельная обработка представляет собой значительный шаг вперед, концепция изолированных параллельных каналов передачи и обработки информации и поэлементной (но параллельной) накопительной среды обладает некоторыми ограничениями.

Так, при увеличении плотности каналов (на единицу длины) расстояние между ними уменьшается; однако, согласно соотношению неопределенностей, при этом быстро возрастает кинетическая энергия сигнала в канале. Это требует специальных усилий по изоляции каналов между собой. Можно показать, что в рамках концепции изолированных каналов плотность каналов не может быть выше  $10^2-10^3$  каналов/см (при этом энергия сигнала в канале порядка  $10^0$  эв, а длина туннелирования между каналами порядка  $10^3$  Å).

Плотность накопления информации также не может достигать молекулярных плотностей ( $\sim 10^8$  бит/см), поскольку должен быть обеспечен доступ к каждому отдельному элементу с необходимой изоляцией каналов к каждому элементу. Иными словами, и

в данном случае концепция изолированных параллельных каналов не позволяет продвинуться достаточно далеко в направлении миниатюризации.

Эти ограничения могут быть сняты в рамках несколько более общей концепции интерференционной обработки информации с использованием непрерывно распределенных и взаимодействующих между собой параллельных каналов передачи и обработки информации, а также распределенных накопительных и обрабатывающих сред.

Очевидно, что параллельная и прямая настройка памяти (см. выше) должна быть основана на использовании распределенного объемного транзитивного носителя информации, распределенной системы памяти и распределенных устройств ввода/вывода.

В качестве транзитивного носителя информации в электронно-интерференционных ИОС можно использовать когерентно-электронный сигнал [2], т.е. принять во внимание фазовые характеристики электронных сигналов, движущихся в цепях современных машин. Когерентно-электронный сигнал (ниже, для краткости, сигнал) представляет собой объемное образование, характеризуемое комплексной амплитудой  $s(\vec{x}, t)$  или квантовым током  $\vec{j}(\vec{x}, t)$  и плотностью  $\rho(\vec{x}, t)$ .

В качестве распределенной памяти может быть использована однородная кристаллическая среда, состоящая из "жесткой" решетки, обеспечивающей механическую устойчивость памяти, и "мягкой" подрешетки, которая и представляет собой накопительную среду [2]. Всякую накопительную среду можно охарактеризовать количественной мерой памяти. Так, обычная память с N ферритами может быть установлена в  $2^N$  различных состояний: число  $\varphi$  этих состояний, отнесенное на  $l$  см<sup>3</sup> среды, можно назвать степенью вырождения накопительной среды. Для обычного ферритового куба  $\varphi = 2^{10-20}$  или  $\log_2 \varphi = 10-20$ .

Выбор какого-либо одного состояния памяти из множества возможных состояний (процесс настройки памяти) можно трактовать как снятие вырождения под влиянием внешнего сигнала  $\Gamma(x)$ , то есть комплекса ограничений, распределенных по пространству. Внешний сигнал  $\Gamma(x)$  должен обладать необходимым разнообразием, чтобы полностью снять все имеющееся вырождение, то есть выбрать только одно из  $\varphi$  состояний. Это означает, что степень снятого вырождения  $\Delta \varphi$  не может быть больше разнообразия (то

есть информации), содержащегося в сигнале  $\Gamma(x)$ . Это утверждение образует основу так называемой IО-й теоремы Шеннона или закона необходимого разнообразия Эбба [3,4].

Если для ферритовой накопительной среды  $\log_2 \varphi \approx 10-20 \text{ см}^{-3}$ , то для кристаллической накопительной среды (основанной, например, на кристалле дигидрофосфата калия  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )  $\log_2 \varphi \approx 10^{20-24} \text{ см}^{-3}$ . Как видно, степень вырождения в такого рода накопительных средах чрезвычайно высока.

Снятие вырождения в такой памяти не может быть осуществлено путем установки каждого отдельного элемента в надлежащее состояние — единственная возможность состоит в использовании объемного (параллельного) сигнала, обладающего должной информативностью  $\Gamma$  для более или менее полного вырождения. В качестве такого сигнала как раз и может быть использован когерентно-электронный сигнал, модулированный непосредственно внешней обстановкой — изображениями предметов, людей, сооружений и т.д. Соответствующие визуальные сигналы после их эквивалентного преобразования в электронную форму (см. ниже) и снимают вырождение в параллельной памяти.

Устройства ввода/вывода — по необходимости параллельные, поскольку принимают и выдают визуальные сигналы-изображения. На устройстве ввода визуальные сигналы преобразуются (например, с помощью фотодиодной матрицы) в эквивалентное электрическое, потенциальное изображение, при этом соответствующая потенциальная матрица и является модулирующей матрицей для транзитивного носителя — когерентно-электронного сигнала. Этот сигнал и снимает вырождение при прохождении через накопительную среду. Таким путем осуществляется прямая (автоматическая) настройка памяти без участия человека-программиста.

#### Ассоциативный накопитель-архив

как простейшая интерференционная ИОС IV-го поколения

Общ е о п и с а н и е. Рассмотрим систему, блок-схема которой представлена ниже на рис.13. Принципиальная блок-схема ассоциативного кристаллического накопителя-архива содержит: I-контур с когерентным электрическим током, 2-однородная накопи-

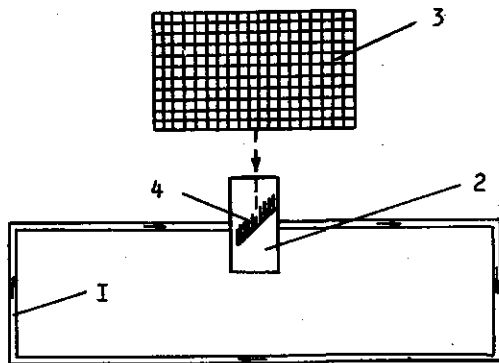


Рис. 13

тельная среда, 3—матрица ввода-вывода визуальных сигналов, 4 —электрически-модулирующая (потенциальная) матрица. В контуре I циркулируют когерентно-электронные сигналы. Сигналы проходят через накопительную среду 2, выполненную, например, на основе дигидрофосфата калия (ДГФ). Устройство ввода 3 представляет собой фотодиодную матрицу. Амплитудно-фазовое оптическое изображение преобразуется в эквивалентное потенциальное изображение, которое подается на модулирующую матрицу 4. С этой матрицы изображение транзитивным носителем переносится в накопитель 2 в виде неоднородной интерференционной решетки.

Допустима повторная модуляция уже модулированного сигнала, при этом первоначальный сигнал становится признаком-адресом для вызова второго сигнала (и наоборот). Рассмотрим для иллюстрации простейшую адресную систему. Пусть перед входным экраном последовательно демонстрируются объекты а, б, в, г, ...; согласно сказанному, они ассоциируются (адресуются) в следующую цепочку:

$$a \rightarrow (a/b) \rightarrow (a/b)/v \rightarrow (v/b)/v/g \rightarrow (((a/b)/v)/g)/d \rightarrow \dots$$

Пусть теперь на входной экран подан (показан) любой объект из этой последовательности, скажем, б. Тогда на выходной экран вызывается ассоциативно связанный с б объект а, но соответствующий

сигнал тут же рециркулирует на вход, где, смешиваясь с б, дает сложный сигнал а/б; этот сигнал вызывает на выходной экран ассоциативно связанный с ним объект в и т.д. Весь процесс итерационного вызова последовательности б(а), в, г, д, е, ... можно представить следующей схемой:

$$\underbrace{b \rightarrow a}_{(a/b)} \rightarrow \underbrace{v}_{(a/b)} \rightarrow \underbrace{g}_{(a/b)/v} \rightarrow d \rightarrow \text{и т.д.}$$

Таким образом, предъявив любой из объектов ранее записанной последовательности, можно извлечь всю последовательность объектов в том же самом временном порядке, в каком эта последовательность была записана.

Возможны и другие системы адресации данных-изображений. В любом случае различные сигналы-изображения дадут, естественно, неодинаковые интерферограммы-отображения в накопительной среде. Поэтому в одном и том же накопительном объекте регистрируются в виде соответствующих решеток изображения различных объектов. Если из совокупности исходных объектов можно вычленить некоторое общее ядро (некий "средний" объект), аналогичное ядро (некая "средняя" интерференционная решетка) вычленяется и из совокупности соответствующих решеток-отображений в накопителе. Этот результат справедлив только для сред, допускающих накопление в одном и том же объеме (обычные системы памяти содержат те или другие подвижные элементы — носители или системы поиска).

Итак, если признак объекта известен, выборка объекта осуществляется за один такт при предъявлении признака. Однако более вероятная ситуация состоит в диалоговом поиске соответствующего адреса-признака, исходя из некоторого обобщенного (грубого) пробного адреса-изображения с последующим уточнением этого признака на основании анализа откликов накопителя. Этот процесс связан с диалоговым прослеживанием той ассоциативной цепочки признаков, которая (в конечном итоге) и приводит к нужному объекту.

Еще одно важное свойство всякого интерференционного архива состоит в распределенном характере накопления, при котором нет однозначного соответствия между каким-либо объектом и его местом в памяти. Это означает, что в любом выбранном участке архива имеется более или менее полная информация о каждом из

записанных объектов в его целостности. Разумеется, отношение сигнал-шум при выборке целостного объекта будет тем меньше, чем меньше выбран участок архива для извлечения. Однако, как показывает количественные оценки, фактически этот участок может составлять ничтожную часть всего архива. Это обеспечивает чрезвычайно высокую надежность записи-выборки, так как даже существенное нарушение целостности накопителя не должно в существенной степени повлиять на выборку.

**Функционирование архива в системе управления.** Пусть рассматриваемый архив образует часть автоматизированной системы управления (АСУ) исполнителями (например, коллективом людей). Всякое управление состоит в анализе (идентификации) внешней ситуации и выработке на основании этого анализа надлежащего управляющего сигнала (выработке надлежащего решения). Посмотрим, как ассоциативный накопитель облегчает стадию анализа проблемы. Автоматическая выработка управляющих сигналов с помощью интерференционных систем рассмотрена в другом сообщении (см. стр. 174)

Как известно, идентификация проблемы представляет значительные трудности; в системах руководства ей уделяется основное внимание. Пусть, например, проблема состоит в неожиданном и резком уменьшении спроса на какой-либо вид продукции данного предприятия. Анализируя проблему, руководитель предприятия прибегает к помощи экспертов, обобщенным статистическим материалам и т.д. Все данные в наглядном и обозримом виде могут быть записаны в архиве. Руководитель может в диалоговом режиме получить информацию о самих изделиях, технологии их изготовления, проблемах сбыта и рекламе изделий и т.д. Все важное, что удается выявить в ходе такого диалогового поиска можно заново записать в архив с новой структурой адресной цепочки, более полно отражающей особенности принимаемого решения по проблеме. Тем самым архив постепенно становится важной частью всей системы управления, помогая руководителю ориентироваться в сложных проблемах и освобождая его мозг для выполнения наиболее важной стадии - принятия окончательного решения на основе полной информации.

Архив способен хранить:

1) справочно-энциклопедическую информацию о проблемах в

виде текстов или изображений в общепринятой структуре ассоциаций (библиографические системы классификации, перекрестные списки осмюк и т.д.);

2) справочную информацию о специальных проблемах, связанных стандартной цепочкой ассоциаций (загружается службой научно-технической информации) или индивидуальной цепочкой ассоциаций, характерной для данного специалиста-потребителя;

3) запасы фильмов-решиений в различных областях политического или научно-технического руководства, ассоциированных с соответствующими проблемами;

4) запасы ассоциативных цепочек наводящих соображений и рассуждений (запасы деловых фильмов-ситуаций);

5) запасы заранее запрограммированных фильмов-ситуаций, имеющих (с адресной точки зрения) вид дерева (графа), причем ходом дальнейшего развития ситуации можно управлять точно так же, как водитель автомобиля "управляет" разворачивающейся перед ним картиной дорожной ситуации поворотом руля (выбирая те или другие разветвления дорог). На базе таких средств можно разрабатывать эффективные системы программированного обучения пилотов, вождения (тренажеры-имитаторы), специальным дисциплинам и т.д.

Важно, что система управления (работы) с архивом сугубо "гуманитарная", не требующая никаких знаний специальных языков программирования и т.д. Отдельные экземпляры архивов могут быть использованы в качестве учителей для обучения потребителей специальному использованию архивов в различных областях руководства, управления, науки и техники.

#### Л и т е р а т у р а

1. ИВРИНОВ Э.В., КОСАРЕВ В.Г. Однородные вычислительные системы, Новосибирск, "Наука", 1967.
2. БИХОВСКИЙ В.К. Авторское свидетельство № 1283874, 1968.
3. БИР С. Принципы самоорганизации, М., "Мир", 1966, стр. 48.
4. ЭБЕН У.Р. Принципы самоорганизации, М., "Мир", 1966, стр. 314.

Поступила в редакцию  
19.11.1969 г.