

В более общем случае при выборе системы координат с углами θ_1 , θ_2 и θ_3 компоненты векторов определяются из уравнений:

$$\begin{aligned} |f| \cos \chi &= f_1 + f_2 \cos \theta_1 + f_3 \cos \theta_3; \\ |f| \sin \chi &= f_2 \sin \theta_1 - f_3 \sin \theta_3. \end{aligned}$$

Очевидно, что имеется определенный произвол в выборе f_1 , f_2 и f_3 . Можно, например, взять $f_1 = \max |f(x; y)| = \text{const}$, при этом комплексное поле будет синтезироваться с помощью двух амплитудных транспарантов и опорной волны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lohman A. W., Paris D. F. Binary Fraunhofer holograms generated by computer.—“Appl. Opt.”, 1967, vol. 6, p. 1739.
2. Lee W. H. Sampled Fourier-transform hologram generated by computer.—“Appl. Opt.”, 1970, vol. 9, p. 639.
3. Burckhardt C. B. A simplification of Lee's method of generating holograms by computer.—“Appl. Opt.”, 1970, vol. 9, p. 1949.
4. Lesem L. B., Hirsch P. M., Jordan J. A., Jr. The kinoform: a new wavefront reconstruction device.—“IBM J. Res. Develop.”, 1969, vol. 13, p. 150.
5. Гибин И. С., Нежевенко Е. С., Потатуркин И. И., Твердохлеб П. Е. Способ обобщенного спектрального анализа.—Авт. свид-во, № 369587, 1971. Б. И., 1971, № 1688013/18—24.
6. Соколов В. К., Черных Д. Ф., Яновский В. В. Методика изготовления амплитудных фильтров с заданным законом пропускания.—В кн.: Проблемы голографии. Вып. 2. М., изд. МИРЭА, 1973, с. 88.
7. Голография: методы и аппаратура. Под ред. В. М. Гинзбурга, Б. М. Степановой. М., «Сов. радио», 1974, с. 269.
8. Островский А. С., Митрофанова Л. Н., Почерняев И. М., Шмарев Е. К. Применение фотопластика в задачах фильтрации изображений.—«Автометрия», 1976, № 3, с. 16.

Поступила в редакцию
10 сентября 1976 г.

УДК 772.99 : 62.50 : 621.391.156

В. К. БЫХОВСКИЙ, И. В. ПРАНГИШВИЛИ, М. С. СОНИН, М. А. УСКАЧ
(Москва)

МИКРООПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОБЛЕМ И УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ*

1. В последние годы становится все более очевидным, что современные ЭВМ недостаточно эффективны для анализа сложных проблем и управления большими системами. Это обусловлено тем, что 1) организация блока управления современных ЭВМ не обеспечивает смысловой надежности процесса управления (микро)программами: даже незначительные отклонения кода операции от стандартного вида приводят к «каварийному останову» из-за невозможности найти или выработать соответствующую (микро)программу управления; 2) схемы современных ЭВМ непригодны для хранения и обработки топологической информации, присущей объекту управления; 3) устройства сопряжения

* Материалы статьи докладывались на Всесоюзной конференции по автоматизации научных исследований на основе применения ЭВМ (г. Новосибирск, 10—12 июня 1974 г.). (Печатается в порядке дискуссии.—Прим. ред.).

объекта и управляющего процессора имеют последовательный характер и не позволяют распараллелить процессы измерения состояния объекта и выдачи управлений; 4) схемы современных ЭВМ малоэффективны при выявлении скрытых связей (корреляций) между пространственными и временными элементами исследуемых процессов.

Между тем актуальность автоматизации анализа ряда сложных проблем и процессов управления не вызывает сомнений. Так, весьма необходимо автоматизировать анализ «скрытых» связей и закономерностей в больших неорганизованных массивах экспериментальной и статистической информации (анализ тенденций и формирование моделей) — операцию, которую обычно выполняет квалифицированный эксперт. В области управления предстоит автоматизировать процессы управления транспортными системами, состоянием воздушной среды городов, сложными технологическими процессами, интегрированными системами (объединениями, многоотраслевыми комплексами и т. д.).

Все это требует новых подходов к созданию систем и средств управления будущего поколения. В настоящей работе предлагаются принципы построения процессора, предназначенного для анализа проблем и управления системами.

2. Как известно, всякий процесс управления заключается: а) в измерении текущего состояния y объекта с использованием заданной системы y_0 измерительных эталонов и получении «невязки» Δy ; б) в формировании соответствующих программ управления $P(\Delta y)$, изменяющих состояние объекта в направлении, определяемом критерием качества.

Поэтому в основу построения процессора положена идея инвариантного вложения модели исследуемого объекта в процессор. Необходимость учета в математической модели не только динамики объекта (отражаемой обычно в управлениях модели), но и его топологии и была отмечена Кроном [1], заложившим основание универсального языка для инвариантного описания сложных систем — языка тензорных эквивалентных электрических схем. Метод инвариантного вложения развивает известную идею структурного моделирования в том отношении, что требует не только пространственной инвариантности объекта (процесса) и его модели, но также и инвариантности по отношению ко всем групповым преобразованиям, оставляющим неизменным сам объект.

Ранее авторами [2] был предложен микрооптоэлектронный процессор, структура которого частично удовлетворяет требованиям инвариантного вложения. В рассматриваемом процессоре не только процесс управления обработкой [2], но также ввод-вывод операндов и их обработка осуществляются параллельно. Схемы процессора могут непосредственно обрабатывать матричные операнды, тогда как схемы современных ЭВМ рассчитаны на преобразования лишь одномерных последовательностей битов, что требует программной декомпозиции исходных матричных данных и последующего программного синтеза управляющих данных матричного формата.

Для реализации операций управления в памяти процессора должна быть записана система эталонов y_0 . Сущность процесса измерения заключается в сравнении y с каждым из y_0 . По результату измерения Δy система управления выбирает из памяти записанную там ранее соответствующую программу $P(\Delta y)$. В простейшем случае система лишь отображает результат измерения оператору-диспетчеру.

На рис. 1 показана общая структура системы управления. Голографический управляющий процессор (УП) построен на основе управляемой матрицы лазерных диодов и матрицы голограмм-микропрограмм (рис. 2) и управляется программой, интерпретируемой оптоэлектронными схемами экранного пульта (ЭП) (схемным транслятором входного графического языка). Настройка исполнительного процессора (ИП)

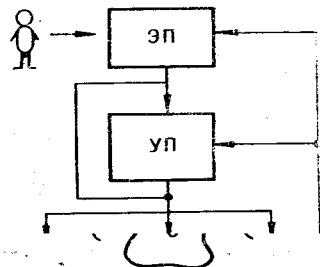


Рис. 1. Общая структура микрооптоэлектронной параллельной системы управления:

УП — управляющий голографический процессор; ЭП — экранный пульт; ИП — исполнительный процессор; P_1 и P_2 — процессоры параллельного ввода и вывода; O — объект управления.

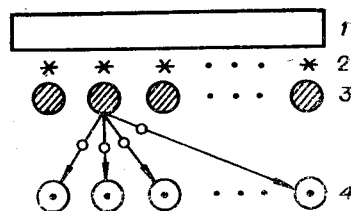


Рис. 2. Структура голограмм-микропрограмм настройки ИП и оперативной памяти; 4 — матрица ячеек ИП с оптическим вводом-выводом.

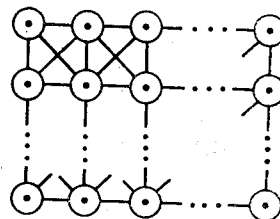


Рис. 3. Схема связей между ячейками ИП.

осуществляется параллельно одной голограммой. Управляющая информация поступает также от самого объекта управления (таким путем, в частности, программируется топология объекта). Дополнительные параметры настройки (эталонов, логики сравнения y и y_0 и т. д.) вводятся в матрицу ИП через экранный пульт, каждая «точка» которого связана с соответствующей ячейкой ИП. С помощью ЭП формируются также программы управления $P(\Delta y)$.

Процессор ИП (см. рис. 2, 3) построен на основе однородной микрооптоэлектронной матрицы [2], каждая ячейка которой состоит из оптического входного регистра IN , микроэлектронных схем обработки и памяти (включая управляющую память) и оптического выходного регистра OUT . Между ячейками предусмотрены связи (см. рис. 3). Ячейка реализует несколько функций, и ее настройка осуществляется оптически через регистр IN , выходы которого на такте настройки коммутируются на входы управляющей памяти ячейки, а на такте ввода — на входы памяти операндов ячейки.

Такой процессор позволяет выполнять операции пространственной и временной корреляций и накопления изображений — основных операций, необходимых при анализе скрытых связей и закономерностей. Кроме того, микрооптоэлектронная процессорная матрица, обладая ассоциативной организацией, позволяет осуществлять интерполяцию хранимых в процессоре программ управления и данных. Разумеется, процессорная матрица может выполнять и вычислительные операции.

Процессор ИП может быть реализован в виде однокристалльной МДП БИС или аналогичной монокристалльной структуры. Размер ячейки может равняться $0,2 \text{ мм}^2$, так что на пластине $50 \times 50 \text{ мм}^2$ можно разместить около 10^4 ячеек. Регистр IN каждой ячейки реализуется в виде интегрально-встроенной субматрицы с $n \times n$ входами ($n=8-16$). Таким образом, за один такт в ИП вводится картина объемом порядка 10^6 бит. Время переключения картины порядка 10^0 мкс, поэтому поток информации в ИП можно оценить в 10^{12} бит/с. Регистр OUT можно

реализовать различными методами. Одна из возможностей — покрытие всей матрицы ИП пленкой жидкого кристалла (ЖК), оптические свойства которой модулируются выходными напряжениями регистра *OUT* каждой ячейки. Такая БИС-матрица существенно расширяет функциональные возможности предложенной ранее [3] матрицы типа LATRIX. Другой способ реализации регистра *OUT* связан с созданием на поверхности кремния (путем диффузии) электрически управляемых отражающих слоев, модулирующих свойства падающего излучения. Как видно, такие МДП ЖК структуры обладают свойствами модуляторов света, управляемых транспарантов и матричных усилителей (с памятью и логикой).

Итак, схемы процессора могут параллельно выполнять перечисленные выше операции управления, операции согласованной пространственной фильтрации и многократного накопления картин, что открывает широкие потенциальные возможности выявления скрытых пространственно-временных связей и закономерностей в исследуемых процессах.

3. Для проверки предлагаемых возможностей на основе ранее разработанной однородной БИС с оптическим входом [2] была изготовлена и исследована однородная БИС с оптическим вводом и выводом картин*. Кристалл размером $5,5 \times 5,5$ мм² представляет собой матрицу 4×4 ячеек, в каждой из которых предусмотрено четыре оптических входа (фотодиода) и один оптический выход (отражающий алюминиевый электрод — модулятор внешнего лазерного излучения), а также коммутирующая логика (всего в ячейке 33 транзистора). Таким образом, в кристалле предусмотрено 64 оптических входа и 16 оптических выходов. На поверхность кристалла кремния наносили слой (10 мкм) жидкого кристалла — метоксибензилиденбутиланилина (МББА). Слой жидкого кристалла можно использовать не только для считывания результатов обработки, но также и для электрически управляемого маскирования оптических входов кристалла (областей фотодиодов) при записи. При этом ослабление светового потока, обусловленное динамическим рассеянием падающего излучения, как показывают измерения**, более чем 20-кратное.

4. Таким образом, предлагаемый процессор: 1) обеспечивает хранение и обработку топологической информации, присущей объекту; 2) осуществляет параллельный ввод данных о состоянии объекта; 3) обеспечивает параллельное сравнение y с каждым из эталонов y_0 и получение «невязки» Δy ; 4) путем параллельного (ассоциативного) поиска выбирает соответствующую программу управления $P(\Delta y)$; 5) при использовании в процессорной матрице ассоциативной голографической записи с наложением операндов выборка $P(\Delta y)$ может быть совмещена с интерполяцией; в этом случае, даже если вход Δy не совпадает ни с одним из стандартных входов Δy , процессор может выработать программу управления $P(\Delta y)$ путем интерполяции ранее записанных программ; разумеется, качество полученной таким образом программы будет определяться базисной системой программ $P(\Delta y)$ и «встроенным» алгоритмом интерполяции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крон Г. Диакоптика — исследование сложных систем по частям. М., «Мир», 1973.
2. Быховский В. К., Прангишвили И. В., Мирзоян Г. А., Сонин М. С., Ускач М. А. Проблемы оптического ввода информации в интегральные микрооптоэлектронные структуры. — В кн.: Проблемы голографии. Вып. 2. М., изд. МИРЭА, 1973, с. 174.
3. Stewart W. C., Cosentino L. C. Optics for a read-write holographic memory. — "Appl. Opt.", 1970, vol. 9, p. 2271—2278.

Поступила в редакцию 12 мая 1974 г.

* Работа выполнена А. Г. Гунцадзе в Институте проблем управления.

** Измерения получены В. С. Нефедовым в Институте проблем управления.