

Рассмотренные критерии применимы также для любых автоматизированных систем, регистрирующих информацию в виде импульсов, распределенных случайным образом или следующих периодически. В любом случае предлагаемые критерии выбора ЭВМ должны быть дополнены критериями, характеризующими математическое обеспечение автоматизированной системы, например, такими, как затраты на разработку входа в операционную систему, объем памяти для размещения программ приема и обработки, время на обработку одного события и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

5. DEC PDP-11 Family, M11-384-301. Delran, N. Y., Datapro Research Corporation, 1975.
6. HP2100 Series Computers, M11-472-101. Delran, N. Y., Datapro Research Corporation, 1974.
7. Наумов Б. Н., Боярченко М. А., Кабалецкий А. Н. Управляющий вычислительный комплекс СМ-3.— Приборы и системы управления, 1977, № 10, с. 12—15.
8. ТРА-70.— Проспект. Будапешт, ЦИФИ, 1974.
9. Видеотоп ЕС1010. Общее описание. Будапешт, Видеотоп 270, 100, 206.2, 1973.
10. Digital Microcomputing Handbook 1977-1978, 2-nd ed. N. Y., DEC, 1977.
11. MDS-800 Microcomputer.— Intel Catalogue, 1975.
12. САМАС 1977.— Kinetic Systems Catalogue. Lockport, 111, 1977.
13. Немеш Т. Автономная программируемая система в стандарте КАМАК на основе микропроцессора. Дубна, ОИЯИ, 10-11232, 1978.
14. Reliability Report on the Data General Nova Digital Computer. Southboro, Mass., Data General Corporation, 1972.

Поступила в редакцию 27 сентября 1979 г.

УДК 539.107.5

И. Ф. КОЛПАКОВ

(Дубна)

КРИТЕРИИ ВЫБОРА СТАНДАРТНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ

Любая автоматизированная система представляет собой совокупность трех составляющих элементов: источников программ, источников и приемников информации и устройства обмена (рис. 1). Под источником

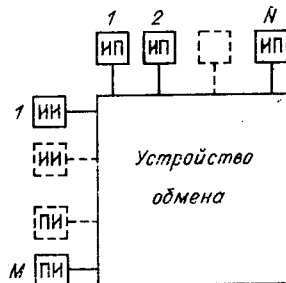


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы:

ИП — источники программ;
ИИ, ПИ — источники и приемники информации.

программ понимается любое устройство, определяющее последовательность работы системы. Источником программ может быть универсальная ЭВМ, мини- или микро-ЭВМ или устройство управления с жесткой программой. Источником информации является любой вход в систему или измерительный канал. Приемник информации представляет собой выход из системы. Запоминающее устройство может быть как отдельным источником или приемником информации, так и в составе источников программ. Устройство обмена обеспечивает передачу информации между источниками программ и источниками и приемниками информации.

Для сравнения устройств обмена с целью их выбора вводятся следующие критерии: пропускная способность C_0 , вместимость по числу источ-

ников программ и источников и приемников информации $M = N_n + M_n$, относительная стоимость или стоимость места e_{0i} , начальная стоимость E_{0n} , протяженностью l_0 и время наработки на отказ $T_{но}$.

Вместимость обуславливается числом возможных адресов в устройстве обмена, но не совпадает с ним в общем случае из-за конструктивных или электрических (питание, нагрузки) параметров и, вообще говоря, зависит от уровня технологии (степень интеграции микросхем и габариты установочных изделий).

Относительная стоимость сопряжения e_{0i} определяется затратами на организацию устройства обмена E_0 в пересчете на источник или приемник информации.

Начальная стоимость устройства обмена характеризует затраты на него для системы с $N_n = M_n = 1$; этот критерий важен особенно при выборе устройства обмена для малых систем автоматизации.

Протяженность l_0 определяет максимальную удаленность источников и приемников информации, что существенно при организации распределенных территориально систем.

Минимизация числа сопряжений в устройстве обмена — первая задача при его организации. Согласно теореме Холла [1], задача минимизации числа сопряжений сводится к введению числа интерфейсов, равного числу источников программ и стандартного сопряжения этого интерфейса с каждым источником и приемником информации. Необходимое число интерфейсов в устройстве обмена будет равно $N_n + M_n$. По способу передачи информации устройство обмена может быть параллельным и последовательным. Параллельное устройство обмена выполняется на основе каналов обмена ЭВМ, байтового [2, 3] и КАМАК [4—7] стандартов. Последовательное устройство обмена организуется на основе стандартов КАМАК [8, 9] и RS232, RS422 и RS423 [10]. Применение специального устройства обмена необходимо, если:

- 1) число источников и приемников информации и источников программ превышает количество свободных адресов M_a в канале обмена ЭВМ, т. е. $M_a < N_n + M_n$;
- 2) стоимость сопряжения внешних устройств с каналами обмена $e_0 \ll e_{0i}$ — стоимости места в специальном устройстве обмена, что значительно удорожает систему;
- 3) необходима организация распределенной по территории системы;
- 4) требуется конструктивное оформление автоматизированной системы как единого целого;
- 5) набор модулей источников и приемников информации производителя ЭВМ не содержит все требуемые для системы модули.

На основе предложенных критериев проведено сравнение устройств обмена компактных систем, основанных на байтовой магистрали [2, 3], крейте [4], ветви [5], системном [11] и многоконтроллерном крейтах КАМАК [7] и протяженных систем, использующих стандарт связи [10], последовательную магистраль [8, 9] и ветвь КАМАК [5]. Рассмотрены также характеристики разрабатываемой в качестве стандарта для регистрирующей электроники физики высоких энергий магистрали сегментов [12].

Для спектрометров физики высоких энергий [13] наиболее важными характеристиками устройства обмена являются пропускная способность и вместимость. Произведение C_0M служит показателем его качества. Соответствующие этому произведению площади показаны на рис. 2. Величина M означает число адресов модулей без учета субадресов. Видно, что качество магистрали сегментов на два порядка выше, чем любых из стандартов КАМАК. Ее пропускная способность равна 40—70 Мбайт/с при вместимости до 1794 модулей. Стандарты КАМАК позволяют организовать системы с числом модулей до 1610 (системный крейт)

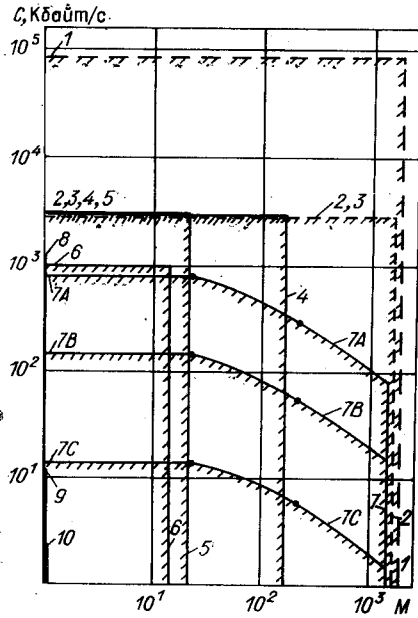


Рис. 2. Границы применения стандартных устройств обмена по пропускной способности и вместимости: 1 — магистраль сегментов, 2 — системный крейт, 3 — многоконтроллерный крейт, 4 — ветвь, 5 — крейт, 6 — байтовая магистраль, 7 — последовательная магистраль (А — компактная система; В — протяженность 1 км, С — протяженность 10 км), 8 — RS422, 9 — RS423 и RS232.

мость места в крейте становится равной стоимости места в байтовой магистрали при числе модулей около 10. Если использовать субадреса, то стоимость места для крейта уменьшается в соответствующее число субадресов раз. Предельная (при $M > 100$) стоимость места в различных конфигурациях КАМАК составляет 15—20% от стоимости модуля, что значительно меньше, чем стоимость подключения к каналам обмена любых типов ЭВМ [15]. Поэтому применение программно-модульных устройств обмена дает существенный выигрыш в стоимости автоматизированных систем (до 30—40% от стоимости системы) по сравнению с непосредственным сопряжением с каналами ЭВМ традиционных измерительных приборов. Величина выигрыша в стоимости E_v при программно-модульной организации для разных типов ЭВМ в зависимости от числа источников и приемников информации M показана на рис. 4. Видно, что для универсальных и малых ЭВМ с внешней магистралью обмена она существенна уже для малых систем. Для всех типов ЭВМ средние и большие по вместимости системы целесообразно выполнять программно-модульным способом.

Протяженность систем на основе стандартных интерфейсов может быть в принципе любой, но пропускная способность меняется в пределах от 0,7—1,25 Мбайт/с для компактных систем (последовательная магистраль и стандарт RS422) и до 2,5 Кбайт/с — для протяженных. На рис. 5 показана зависимость скорости передачи в последовательной магистрали от протяженности систем (см. также кривые 7А — 7С на рис. 2). Начальная и относительная стоимости (см. рис. 3) последовательной магистрали выше, чем других стандартных интерфейсов (кроме системного крейта), поэтому ее применение целесообразно лишь в протяженных

и 1426 (последовательная магистраль) при пропускной способности от 0,8 (последовательная магистраль, кривая 7А) до 3 Мбайт/с (системный крейт). Байтовая магистраль обладает значительно худшим качеством. Ее пропускная способность составляет не более 1 Мбайт/с, а вместимость — не более 14 модулей. При использовании субадресов вместимость систем КАМАК достигает $2,8 \cdot 10^4$ (системный крейт) и $2,3 \cdot 10^4$ (последовательная магистраль) адресов, что удовлетворяет современным требованиям к установкам физики высоких энергий.

Выполнены расчеты стоимости различных конфигураций систем, основанных на байтовой магистрали и стандартах КАМАК. Сравнение стоимости места для различных конфигураций стандартных интерфейсов [14] приведено на рис. 3. При сравнении считается, что в модуле КАМАК используется только один субадрес. На оси ординат отложена начальная стоимость устройства обмена. Видно, что она минимальна для байтовой магистрали (кривая 1) и крейта (кривая 2) и имеет наибольшую величину для системного крейта (кривая 7) и последовательной магистрали (кривая 6). Стои-

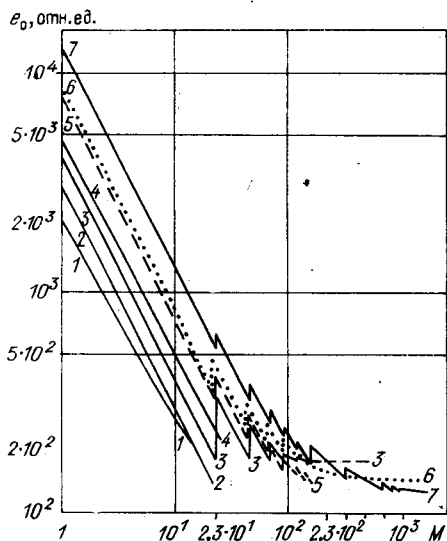


Рис. 3. Зависимость относительной стоимости сопряжения e_0 от вместимости по числу модулей M для различных способов организации устройства обмена: 1 — байтовая магистраль, 2 — крест, 3 — с автономным контроллером ЭВМ и радиальным способом подключения, 4 — с автономным контроллером и модулем-интерфейсом ЭВМ, 5 — ветвь, 6 — последовательная магистраль, 7 — системный крест с двумя источниками программ и многими ветвями.

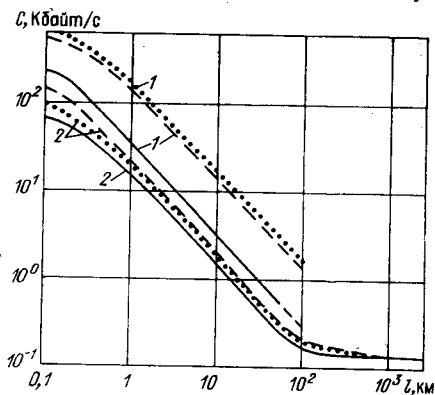


Рис. 5. Зависимость скорости передачи в последовательной магистрали от протяженности (длины петли): 1, 2 — побайтный и поразрядный способы передачи; пунктирные линии — 1 крест, штриховые — 7 крестов и сплошные — 62 креста в системе.

системы классифицируются как малые ($M = 1-20$, $T_{но} = 8 \cdot 10^3-10^3$ ч), средние ($M = 50-200$, $T_{но} = 5 \cdot 10^2-10^2$ ч) и большие ($M = 200-1500$, $T_{но} = 80-10$ ч).

На рис. 7 приведены зависимости времени наработки на отказ $T_{но}$ от вместимости M по числу модулей для различных способов организации систем КАМАК. В целом устройства обмена, обеспечивающие большую вместимость, имеют меньшее время $T_{но}$, но при числе модулей в системе более 100 это различие в надежности разных конфигураций

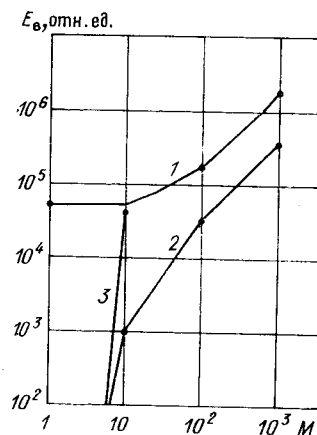


Рис. 4. Величина выигрыша в стоимости E_v при использовании программно-модульной организации сопряжения с ЭВМ систем в зависимости от числа модулей M : 1 — ЕС-1040, 2 — RDP-11, 3 — HP2100.

системах, работающих в условиях больших наведенных помех, поскольку в ней предусмотрены способы аппаратного контроля ошибок.

Ветвь КАМАК может использоваться в протяженных системах, если применять дифференциальные приемники-передатчики. На рис. 6 дано сравнение отношения стоимости последовательной магистрали и ветви в зависимости от протяженности и числа крестов в системе. Из рисунка видно, в частности, что применение последовательной магистрали выгодно, начиная с протяженности 1 км при числе крестов в ней более 7 (кривая 3).

Выполнены расчеты времени наработки на отказ для различных конфигураций систем КАМАК. Использовалась последовательная модель и среднее время наработки по постепенным отказам для всех элементов систем, что дает крайние нижние границы надежности [16].

По времени наработки на отказ системы классифицируются как малые ($M = 1-20$, $T_{но} = 8 \cdot 10^3-10^3$ ч), средние ($M = 50-200$, $T_{но} = 5 \cdot 10^2-10^2$ ч) и большие ($M = 200-1500$, $T_{но} = 80-10$ ч).

На рис. 7 приведены зависимости времени наработки на отказ $T_{но}$ от вместимости M по числу модулей для различных способов организации систем КАМАК. В целом устройства обмена, обеспечивающие большую вместимость, имеют меньшее время $T_{но}$, но при числе модулей в системе более 100 это различие в надежности разных конфигураций

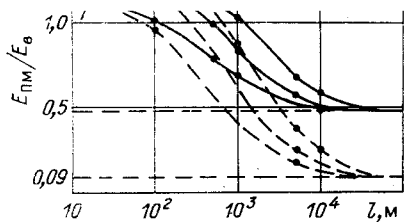
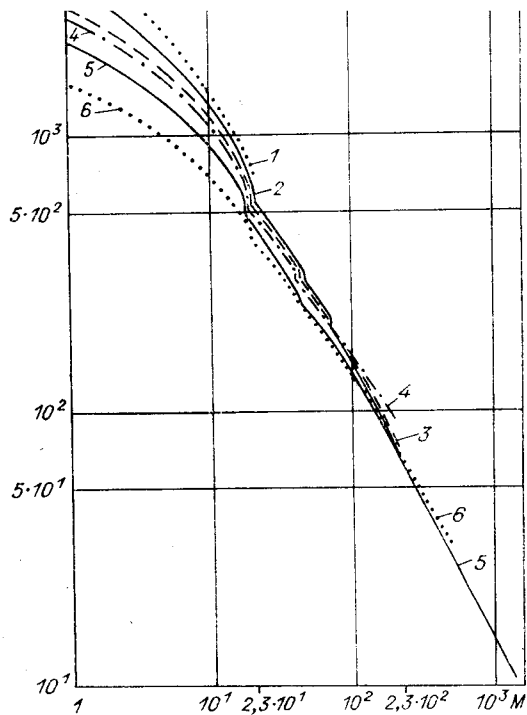


Рис. 6. Относительная стоимость параллельной системы (ветви и последовательной магистрали) при различных протяженности и числе крейтов в установке:

сплошные линии — байтовая передача в последовательной магистрали, штриховые — поразрядная, 1 — однокрейтная, 2 — 3-крейтные и 3 — 7-крейтные системы.

Рис. 7. Зависимости времени обработки на отказ $T_{НО}$ от вместимости по числу модулей M для различных способов организации систем КАМАК:

крейты: 1 — с автономным контроллером, 2 — со специализированным контроллером ЭВМ и радиальное сопряжение крейтов, 3 — специализированные контроллеры ЭВМ с коммутаторами, 4 — ветвь, 5 — последовательная магистраль и 6 — системный или многоконтроллерный крейт с двумя источниками программ.



практически исчезает, что означает независимость надежности средних и больших систем от типа устройства обмена. Эти результаты могут рассматриваться только как сравнительные, так как экспериментальные проверки элементов системы КАМАК показывают, что их надежность на 1—1,5 порядка выше [17].

Таким образом, показано, что из существующих стандартных устройств обмена интерфейсы КАМАК обладают наилучшими характеристиками для средних и больших по вместимости систем. Для малых систем целесообразно применение байтовой магистрали, а для одиночных удаленных устройств — интерфейсов связи.

Поэтому для организации устройства обмена автоматизированной системы целесообразно использовать все три типа упомянутых стандартов [18]. Во всех случаях для средних и больших систем применение стандартных интерфейсов дает существенный выигрыш в стоимости по сравнению с непосредственным использованием канала обмена ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уилсон Р. Введение в теорию графов. (Пер. с англ.). М., Мир, 1977.
2. Green A. Interfacing to Minicomputers.— Electronics Weekly, 1977, vol. 16, p. 14.
3. Donald C. Loughry. A New Instrument Interface: Needs and Progress Toward a Standard.— ISA AC, 1974, N 1-6, p. 548.
4. A Modular Instrumentation System for Data-Handling.— EUR 4100 e. Luxemburg, CEC, 1972.
5. Organization of Multi-Crate Systems (Parallel Branch Highway).— EUR 4600 e, Luxemburg, CEC, 1975.
6. Block Transfers in CAMAC Systems.— EUR 4100 (supp.). Luxemburg, CEC, 1975; IEC Standard 201.— IEEE Std. 684, 1976.

7. **Multiple Controllers in a CAMAC Crate.**— Esone Committee, EUR 6500 e. Luxemburg, CEC, 1978.
8. **CAMAC Serial Highway System and Serial Crate Controller Type L-2.**— EUR 6100 e. Luxemburg, CEC, 1975.
9. **Recommendations for CAMAC Serial Highway Drivers and Lam Graders for SCC-L2.**— Esone/RTB/02. Luxemburg, CEC, November, 1977.
10. **Morris D. Revised Data-Interface Standards Permit Faster Data Rates and Longer Cables. New Chips and RS 232 Adapters, Simplify their Use.**— Electronic Design, 1977, vol. 18, p. 138—141.
11. **Нгуен Фук.** Универсальные устройства сопряжения с ЭВМ и пересчетные модули в стандарте КАМАК.— Автореф. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Дубна, изд. ОИЯИ, 10-8990, 1975.
12. **Larsen R. S. "Fastbus" Status of Development of a Standard High Speed Data Acquisition Bus for High Energy Physics.**— CERN CAMAC News. Appendix A, 1978, February, N 13.
13. **Zacharov V. Data Transfer in on-Line Systems.**— In: Proc. of the 1978 CERN School of Computing. Geneva, CERN 78-13, 1978, p. 88.
14. **CAMAC 1977.**— Kinetic Systems Catalogue. Lockport, 111, USA, 1977.
15. **Колпаков И. Ф.** Некоторые критерии для выбора ЭВМ в автоматизированных системах физики высоких энергий.— Автометрия, 1980, № 3.
16. **Беккер П., Йенсен Ф.** Проектирование надежных электронных схем. (Пер. с англ.). М., Сов. радио, 1977.
17. **Crowley-Milling M. C.** Experience with Control System for the SPS. Geneva, CERN 78-09, 1978.
18. **Horelick D.** The Confusing Digital Standards — are They Related.— IEEE Trans., 1975, vol. NS-22, p. 488—493.

Поступила в редакцию 23 июля 1979 г.

УДК 621.3.087 : 681.3

А. М. ЩЕРБАЧЕНКО, Ю. И. ЮРЛОВ

(Новосибирск)

ЭЛЕКТРОННЫЕ МОДУЛИ КАМАК ПРЕЦИЗИОННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Лазерный интерферометр — один из перспективных прецизионных датчиков, используемых для преобразования различных физических параметров в сигналы, пропорциональные сдвигу фаз или частоте электрических сигналов переменного тока. Применение лазерных интерферометров в качестве первичных преобразователей открывает принципиальную возможность для достижения больших точностей измерения последних, чем при использовании преобразователей другого типа.

Первые лазерные интерферометры как у нас в стране, так и за рубежом использовались в составе приборов для измерения таких параметров, как перемещение, скорость, вибрация, гравитационное ускорение, показатель преломления прозрачных материалов. Каждый из них содержал стабилизированный по частоте лазер, оптический блок (интерферометр) и электронную аппаратуру, осуществляющую операции счета числа интерференционных полос, преобразования их в заданный код, вычисления, регистрации и индикации результатов измерения.

Расширение круга задач, решаемых с помощью автономных устройств, наличие в них однотипных функциональных узлов, возможность совместного использования лазерных интерферометров и современных средств вычислительной техники потребовали применения новых принципов построения электронной части таких устройств, с тем чтобы обеспечить возможность создания из набора универсальных электронных