

$$\lim_{p_0 \rightarrow 0} p(B_i|y) = \begin{cases} 1/r & \text{при } i = 1, 2, \dots, r; \\ 0 & \text{при } i = r + 1, \dots, Q. \end{cases} \quad (21)$$

Асимптотические значения вероятностей $p(D_j|y)$ тоже равны нулю, если D_j не совпадает с какой-либо комбинацией из группы B_1, B_2, \dots, B_r . Из (19) для отдельных фаз получаем

$$\lim_{p_0 \rightarrow 0} p(a_j|y) = \pi_j/r, \quad j = 1, 2, \dots, N, \quad (22)$$

где π_j — число комбинаций из группы B_1, B_2, \dots, B_r , в которые попадает фаза a_j .

При $r = 1$ комбинация B_1 является решением задачи с вероятностью, близкой к единице. Если $r > 1$, то можно проранжировать входящие в группу фазы, пользуясь формулой (22).

Таким образом, в работе показано, что на основе байесовского подхода к задаче качественного фазового анализа могут быть получены вероятностные выводы о составе анализируемого образца. Отыскание вероятностных характеристик связано с обходом угловых точек выпуклого многогранника. Практически этот обход реализуется с помощью вычислительных процедур симплексного метода линейного программирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евграфов А. А. и др. Автоматический рентгенофазовый анализ с использованием машинного банка эталонных данных. — В кн.: 50 лет отечественного рентгеновского приборостроения. Л.: Машинное строительство, 1978.
2. Powder Diffraction File. Inorganic Section JCPDS. — Pennsylvania: Swarthmore, 1944—1974.
3. Johnson G. G., Vand V. Computerised Multiphase X-ray Powder Diffraction Identification System. — Advances in X-ray Analysis, 1968, N 11, p. 376—384.
4. Fiala J. Optimisation of Powder Diffraction Identification. — J. Appl. Cryst., 1976, N 9, p. 429—432.
5. Бурова Е. М. и др. Алгоритмизация процесса обработки данных рентгеновского фазового анализа. — ДАН, 1977, т. 232, № 5, с. 1066—1068.
6. Евграфов А. А., Нахмансон М. С., Черный Ю. А. Проблема идентификации фаз при качественном анализе поликристаллических смесей. — В кн.: Аппаратура и методы рентгеновского анализа, 1977, вып. 22.
7. Карманов В. Г. Математическое программирование. М.: Наука, 1975.
8. Кендалл М. Дж., Стьюарт А. Теория распределений. М.: Наука, 1966.

Поступила в редакцию 28 мая 1979 г.;
окончательный вариант — 17 декабря 1980 г.

УДК 681.327.8

В. Г. ЧЕРЕПАНОВ
(Красноярск)

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ИНФОРМАТИВНОСТИ ИНТЕРФЕЙСОВ

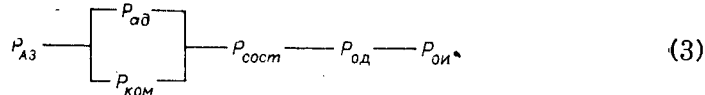
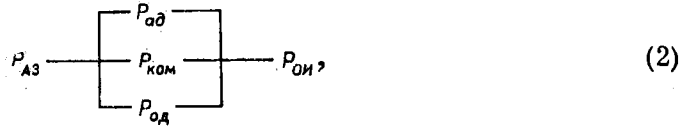
При разработке систем и подсистем сбора и обработки данных возникают вопросы выбора интерфейсов, удовлетворяющих требованиям заданной производительности. В настоящее время разработано значительное количество интерфейсов различного назначения [1—23]. Рекомендации по выбору интерфейсов для конкретного применения носят, как правило, качественный характер [24—28], что не исключает субъективности оценки. В настоящей статье сделана попытка количественной оценки интерфейсов вычислительных устройств и систем.

Сокращенный алгоритм функционирования интерфейсов [1—23] может быть представлен логической схемой (ЛСА) [29]

$$\downarrow P_{AZ} \uparrow \downarrow P_{ад} \uparrow \downarrow P_{сост} \uparrow \downarrow P_{ком} \uparrow \downarrow P_{од} \uparrow P_{ои} \uparrow, \quad (1)$$

где P_{AZ} — оператор анализа запроса на обмен со стороны ведущего или ведомых устройств, $P_{ад}$ — оператор адресации (идентификации) ведомого устройства, $P_{сост}$ — оператор передачи кода состояния ведомого и анализа состояния в ведущем, $P_{ком}$ — оператор передачи команды ведомому, $P_{од}$ — оператор передачи данных, $P_{ои}$ — оператор отключения ведомого от интерфейса.

В целях повышения производительности обмена используется совмещение выполнения операторов во времени. Учитывая, что основным является этап передачи данных ($P_{од}$), этапы $P_{ад}$, $P_{сост}$, $P_{ком}$ могут быть частично или полностью совмещены с $P_{од}$. Например,



В выражении (2) совмещены процессы адресации, передачи команды, обмена данными (например, в стандарте КАМАК EUR-4100), но отсутствует анализ состояния. В выражении (3) совмещены этапы адресации с передачей команды (например, в интерфейсе ИЕ1). Возможны и другие варианты совмещения операторов.

В соответствии с ЛСА (1) суммарное время обмена T_o можно разбить на три основных этапа: установление связи между сопрягаемыми устройствами $t_{св}$, передача информационного сообщения $t_{од}$, окончание обмена $t_{ои}$, так что

$$T_o = t_{св} + t_{од} + t_{ои}. \quad (4)$$

Величина T_o имеет ограничение T'_o , определяемое временем выполнения команд драйвера, и T''_o , определяемое характеристиками узлов обмена и системы шин интерфейса. Рассмотрим каждый из этапов обмена для T'_o и T''_o более подробно.

Оценка производительности интерфейсов при ограничении со стороны характеристик сопряжения и сопрягаемых устройств. Этап установления связи. В соответствии с алгоритмом обмена этап установления связи между устройствами начинается с выбора ведомого устройства ведущим (при инициативе ведущего) или с процесса обработки прерывания и идентификации устройства, выставившего запрос на обслуживание. После адресации ведущее устройство проверяет состояние ведомого и, если ведомое готово, передает команду на обмен. В некоторых интерфейсах возможно совмещение передачи команды с процессом адресации, а состояние ведомого устройства может не проверяться (при условии, что устройство готово); следовательно, для определения времени установления связи необходимо введение коэффициентов совмещения E , тогда

$$t''_{св} = t_{ад} + (1-E1)t_{ком} + (1-E2)t_{сост} + (1-E3)t_{доп} \quad (5)$$

где $t_{ад}$ — время передачи кода адреса и его селекция в ведомом уст-

ройстве или идентификация в ведущем; $t_{\text{ком}}$ — время передачи кода команды, подлежащей выполнению ведомым устройством; $t_{\text{сост}}$ — время приема кода состояния устройства; $t_{\text{доп}}$ — время обработки дополнительных сигналов сопряжения; $E1$ — коэффициент совмещения времени передачи команды с передачей кода адреса (если $E1 = 1$, передача команды совмещена во времени с передачей адреса); $E2$ — коэффициент совмещения приема кода состояния со временем передачи адреса и команды; $E3$ — коэффициент совмещения времени выполнения дополнительных операций сопряжения (времени обработки сигналов прерывания, анализа занятости шин, предварительного сброса устройств и др.), которые в каждом сопряжении различны и зависят от типа сопрягаемых устройств и структуры сопряжения.

Если $n_{\text{ад}}$ — число разрядов кода адреса, $n_{\text{к}}$, $n_{\text{с}}$ — количество разрядов контрольных и служебных символов при передаче адреса, а $m_{\text{ад}}$ — число шин в сопряжении для передачи адреса, то количество передач

$$K_{\text{ад}} = \text{entier} \left(\frac{n_{\text{ад}} + n_{\text{к}} + n_{\text{с}}}{m_{\text{ад}} + m_{\text{к}}} \right), \quad (6)$$

$\text{entier}(\bar{z})$ — минимальное целое, не меньше z . При параллельной передаче кода адреса по группе шин число передаваемых разрядов соответствует числу адресных шин, так что $K_{\text{ад}} = 1$; при последовательной передаче ($m_{\text{ад}} + m_{\text{к}} = 1$ и $K_{\text{ад}} = (n_{\text{ад}} + n_{\text{к}} + n_{\text{с}})$; при параллельно-последовательной передаче кода адреса, если $m_{\text{ад}} < n_{\text{ад}}$, $K_{\text{ад}} \geq 2$ (например, при передаче кода адреса и субадреса в интерфейсе КАМАК SH/02). Если адресация осуществляется передачей сигнала по индивидуальной шине ($n_{\text{ад}} = 1$, $n_{\text{к}} = 0$, $n_{\text{с}} = 0$, $m_{\text{ад}} = 1$), $K_{\text{ад}} = 1$. Аналогично определим количество передач кода команды и кода состояния:

$$K_{\text{ком}} = \text{entier} \left(\frac{n_{\text{ком}} + n_{\text{к}} + n_{\text{с}}}{m_{\text{ком}} + m_{\text{к}}} \right), \quad K_{\text{сост}} = \text{entier} \left(\frac{n_{\text{сост}} + n_{\text{к}} + n_{\text{с}}}{m_{\text{сост}} + m_{\text{к}}} \right), \quad (7)$$

где $n_{\text{ком}}$, $n_{\text{сост}}$ — число разрядов кода команды и состояния; $m_{\text{ком}}$, $m_{\text{сост}}$ — количество шин для передачи кода команды и состояния соответственно. Если код адреса передается одновременно с кодом команды по информационным шинам $m_{\text{и}} = m_{\text{ад}} + m_{\text{ком}}$ и $n_{\text{и}} = n_{\text{ад}} + n_{\text{ком}}$, то $K_{\text{ад}} + K_{\text{ком}} = (n_{\text{и}} + n_{\text{к}})/(m_{\text{и}} + m_{\text{к}}) = 1$ (например, в интерфейсах HP-IB, VARIAN, 2K и др.).

Для передачи кода состояния используются информационные шины $m_{\text{к}}$ или индивидуальные шины состояния и $K_{\text{сост}} = 1$. При последовательной передаче $K_{\text{ком}}$ и $K_{\text{сост}}$ определяются количеством передаваемых разрядов кода команды и состояния, а также количеством разрядов контрольных и служебных символов.

Время установления связи с учетом формул (5)–(7)

$$t_{\text{св}}'' = K_{\text{ад}} T_{\text{м}} + (1 - E1) K_{\text{ком}} T_{\text{м}} + (1 - E2) K_{\text{сост}} T_{\text{м}} + (1 - E3) t_{\text{доп}}. \quad (8)$$

Здесь $T_{\text{м}}$ — максимальный период передачи при синхронном или асинхронном методе обмена. Время обработки дополнительных сигналов в каждом сопряжении индивидуально, а в простейших сопряжениях типа SIMPA, SIMSER равно нулю.

Этап передачи информационного сообщения. После установления связи между ведущим и ведомым устройствами одно из них передает данные, другое принимает. Объем передаваемых данных (одно сообщение), включая контрольные и служебные символы, $n_{\text{к}} + n_{\text{к}} + n_{\text{с}}$. Количество передач, необходимых для обмена,

$$K_{\text{од}} = \text{entier} \left(\frac{n_{\text{к}} + n_{\text{к}} + n_{\text{с}}}{m_{\text{и}} + m_{\text{к}}} \right), \quad (9)$$

где n_n — число информационных разрядов в сообщении, m_n — число информационных шин в сопряжении. Время передачи информационного сообщения

$$t''_{\text{ОД}} = K_{\text{ОД}} T_m, \quad (10)$$

а если передается информационный массив, то

$$t''_{\text{ОМ}} = K_m K_{\text{ОД}} T_m, \quad (11)$$

где K_m — количество информационных сообщений в массиве. Если $n_n + n_c = m_n$, а $n_n = m_n$ (параллельный способ передачи), то $K_{\text{ОД}} = 1$. При последовательной передаче по одной шине $K_{\text{ОД}} = n_n + n_c + n_c$, а при параллельно-последовательной — $K_{\text{ОД}} \geq 2$.

Этап окончания обмена. Освобождению шин интерфейса в некоторых сопряжениях предшествует передача сигналов состояния: «Ведущее устройство закончилось» (конец обмена) или «Ведомое устройство закончилось» (конец передачи). Передача сигналов состояния может быть осуществлена по общей магистрали или по специальным шинам, предназначенным для передачи сигналов окончания обмена. Количество передач кода окончания обмена

$$K_{\text{ОО}} = \text{entier} \left(\frac{n_{\text{ОО}} + n_n + n_c}{m_{\text{сост.о}} + m_n} \right), \quad (12)$$

где $n_{\text{ОО}}$ — число разрядов кода состояния окончания обмена, $m_{\text{сост.о}}$ — количество шин в сопряжении для передачи состояния. Время окончания обмена

$$t''_{\text{ОО}} = K_{\text{ОО}} T_m. \quad (13)$$

При параллельной передаче кода состояния $n_{\text{ОО}} + n_c = m_{\text{сост.о}} = m_n$, так как передача осуществляется по информационным шинам, и $K_{\text{ОО}} = 1$; при последовательной — $K_{\text{ОО}} = n_{\text{ОО}} + n_n + n_c$, а если передача состояния окончания обмена осуществляется по специальной шине «Конец обмена», то $K_{\text{ОО}} = 1$, поскольку $n_{\text{ОО}} = 1$, $n_n = n_c = 0$, $m_n = 0$, $m_{\text{сост.о}} = 1$.

С учетом формул (8), (11), (13) время обмена может быть представлено в виде

$$T''_o = (1 - E_4) t''_{\text{св}} + K_m K_{\text{ОД}} T_m + (1 - E_5) K_{\text{ОО}} T_m, \quad (14)$$

где E_4 , E_5 — коэффициенты совмещения связи и окончания обмена с передачей сообщения.

Величина T''_o определяет ограничение скорости обмена снизу и зависит от метода обмена информацией (величина T_m) и структуры сопряжения $K_{\text{ОД}}$, $K_{\text{св}}$, $K_{\text{ОО}}$. Отношение времени $t''_{\text{ОМ}}$ к T''_o соответствует информативности обмена:

$$K_n'' = K_m t''_{\text{ОД}} / T''_o. \quad (15)$$

Идеальным сопряжением можно считать то, у которого $K_n'' = 1$, т. е. когда совмещены процессы связи и окончания обмена с передачей данных. Таким образом, K_n'' позволяет определить эффективность того или иного способа сопряжения с учетом алгоритма обмена, однако он может иметь одинаковые значения при различных скоростях передачи данных, поэтому целесообразно ввести общую $I''_{\text{ИО}}$ и полезную $I''_{\text{ИП}}$ информационные производительности интерфейса:

$$I''_{\text{ИО}} = n_{\Sigma} / T''_o, \quad I''_{\text{ИП}} = n_n / T''_o \quad (\text{при } K_m = 1), \quad (16)$$

где n_{Σ} — количество единиц информации, переданное в процессе обмена в обоих направлениях (данных, адресных, состояния, командных, конт-

рольных и др.), а также интенсивность обмена

$$\lambda_0'' = 1/T_0'' \quad (17)$$

Выражения (15)—(17) позволяют определить информативность обмена и информационную производительность обмена сопряжения и могут быть использованы для оценки интерфейсов.

В качестве интерфейсов включим также их производительность и информативность на основе выражений (1)—(16) и анализа интерфейсов [1—23] с учетом ограничений, определяемых соответствующими стандартами. При оценке основного цикла интерфейсов будем считать, что обмен осуществляется по инициативе ведущего устройства. Результаты расчета сведем в таблицу.

Как следует из таблицы, коэффициент информативности основного цикла обмена $K_{\text{и}}''$ равен единице, если совмещены процессы адресации с передачей данных, и меньше единицы при выделении процесса адресации. Однако коэффициент информативности основного цикла магистрали может быть равным у интерфейсов с различной информационной производительностью, поэтому сравнение интерфейсов при равных $K_{\text{и}}''$ целесообразно проводить по информационной производительности, а при равных значениях $K_{\text{и}}''$ и $I_{\text{ип}}''$ — по отношению $I_{\text{ип}}''$ к суммарному числу шин интерфейса m_{Σ} . Для оценки интерфейсов представляет интерес коэффициент сложности цикла обмена

$$K_{\text{сл}} = (n_{\Sigma} - n_{\text{к}}(\text{бит}))/n_{\text{к}}(\text{байт}),$$

который отражает количество бит вспомогательной информации, необходимых для передачи байта данных.

Оценка производительности сопряжений с учетом ограничений со стороны программы обмена. Время обмена ограничено временем выполнения программы обмена (контроллера, канала или процессора) и определяется временем выполнения соответствующих команд обмена, анализа состояния, идентификации, подготовки данных и т. д. Очевидно, что время обмена во многом зависит от организации обслуживания внешних устройств и будет различно при программируемом обмене (безусловном, условном, по сигналам прерывания) и непосредственном доступе в память [26].

Рассмотрим процесс обмена в соответствии с этапами (4). Установление связи происходит по программе драйвера и может быть определено как

$$t_{\text{св}}^* = (\eta_1 n_{\text{к. ад}} \bar{t}_{\text{к. ад}} \vee \eta_2 n_{\text{к. ид}} \bar{t}_{\text{к. ид}}) + \eta_3 n_{\text{к. сост}} \bar{t}_{\text{к. сост}} + \eta_4 n_{\text{к. ком}} \bar{t}_{\text{к. ком}}, \quad (18)$$

где $n_{\text{к. ад}}$, $n_{\text{к. ид}}$, $n_{\text{к. сост}}$, $n_{\text{к. ком}}$ — количество команд, необходимых для адресации и идентификации ВУ, приема и анализа состояния ВУ и передачи команды на обмен или управление; $\bar{t}_{\text{к. ад}}$, $\bar{t}_{\text{к. ид}}$, $\bar{t}_{\text{к. сост}}$, $\bar{t}_{\text{к. ком}}$ — среднее время выполнения команд; η_1 , η_2 , η_3 , η_4 — логические коэффициенты, учитывающие способ организации обслуживания.

При безусловном обмене $\eta_1 = 1$, $\eta_2 = 0$, $\eta_3 = 0$, $\eta_4 = 0 \vee 1$ ($\eta_4 = 1$, если осуществим двусторонний обмен).

При условном обмене, как и в первом случае, $\eta_1 = 1$, но процессор осуществляет проверку готовности ВУ и $\eta_3 = 1$, $\eta_4 = 1 \vee 0$, а $\eta_2 = 0$, так как система прерывания отключена или отсутствует ($\eta_4 = 1$, если устройство способно передавать и принимать данные, и $\eta_4 = 0$, если выполняется односторонняя передача).

При обмене по сигналам прерывания допустима инициатива ВУ или обмен в соответствии с программой обработки, следовательно, $\eta_1 = 1 \vee 0$, $\eta_2 = 0 \vee 1$, $\eta_3 = 1$ и $\eta_4 = 1 \vee 0$ в зависимости от направления обмена.

Название интерфейса, страна	l_n	m_n	n_n	$n_{ад}$	$n_{ком}$	n_{Σ}	m_{Σ}	$t'_{од}$, 10^{-6} с	T'_0 , 10^{-6} с	$\frac{P_{инф}}{P_{каб}}$	$\frac{K'_{и}, K'_{м}}{K_{и}, K_{м}}=1$	$\frac{K'_{и}, K'_{м}}{K_{и}, K_{м}} > 1$	λ'' , $1/10^{-6}$ с	I''/m_{Σ}	$\frac{K_{сл}}{K_{м}}=1$
ЕС ЭВМ (СЭВ), IBM (США) [1]	60	8	8	8	8	92	34	2	12,5	0,08	0,16	0,95	0,08	0,0023	84
СМ-3, СМ-4 (СЭВ) [25, 16]	15	16	16	18	2	38	56	0,8	0,8	2,5	1	1	1,25	0,045	11
PDP-11 (США)	15	16	16	16	2	38	35	1,0	1,6	1,25	0,62	0,62	0,62	0,035	11
LSI-11 (США) [3]	15	16	16	20	1	41	69	0,8	0,8	2,5	1	1	1,25	0,036	12
«Электроника-60» (СССР)	20	16	16	6	10	38	23	1,9	2,75	0,72	0,7	0,7	0,36	0,031	11
ЭВМ «Электроника ИЦ-03» (СССР) [4]	20	8	128	8	8	328	27	500	2000	0,008	0,25	0,97	0,002	0,0003	12
WARIAN-620 (США) [5]	60	16	16	1	6	30	50	2,0	2,0	1	1	1	0,5	0,02	7
45BCM-5, ДЗ-28 (СССР)	6	16	16	1	1	41	34	2,0	2,0	1	1	1	0,5	0,029	12
Wang-720 (США) [6, 7]	25	16	16	1	4	28	16	16	19	0,105	0,85	0,85	0,053	0,013	6
HP-2116 (США) [5, 8, 9]	40	24	24	10	5	45	8 ÷ 59	2,4	2,4	0,83	1	1	0,41	0,026	8
ИЕО (СССР) [10]	—	1	24	15	5	112	45 ÷ 57	1,5	1,5	2	1	1	0,67	0,035	7
МЕ1 (СССР) [11]	—	8	24	5	5	40	10 ÷ 24	6,4	22,4	0,13	0,28	0,28	0,450	0,13	29
КАМАК EUR-4600 (583-IEEE) [15]	1	24	24	5	5	40	67 ÷ 113	0,8	2,8	1,07	1	1	0,35	0,045	29
(583-IEEE) [14]	—	8	24	5	5	40	10 ÷ 24	1,0	1,0	3	1	1	1	0,045	5
КАМАК EUR-4100 (583-IEEE) [13]	60	16	16	12	4	41	54 ÷ 70	2,0	2,0	1	1	1	0,5	0,018	12
SIAL (СЭВ) [17]	20	16	16	—	4	26	8 ÷	2,1	2,1	0,95	1	1	0,47	0,038	5
SI-2.2 (ГДР)	—	8	8	5	2	29	не ограничено	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,031	21
IMS-1 (СЭВ) [17]	—	8	8	3	—	18	16	1,6	1,6	0,62	1	1	0,62	0,039	10
SI-1.2 (ГДР)	—	8	8	—	—	19	10	11	33	0,03	0,33	0,97	0,03	0,0023	26
HP-IB (488-IEEE) [18, 19]	—	8	8	—	—	22	2	0,9	0,9	1,1	1	1	1,1	0,11	5
BS-4421 (Великобритания) [20]	—	8	8	—	—	22	2	4,6	2,2	0,45	0,73	0,73	0,45	0,22	14
«Интерфас Т» (СССР) [21]	500	8	8	—	—	28	38	1,2	1,2	0,83	1	1	0,83	0,022	30
SIMPA (Швейцария) [22]	—	1	8	16	8	28	не ограничено	1,2	1,2	0,83	1	1	0,83	0,022	30
SIMSER (Швейцария) [22]	—	1	8	16	8	28	не ограничено	1,2	1,2	0,83	1	1	0,83	0,022	30
MICROBUS (США) [23]	0,5	8	8	16	8	28	не ограничено	1,2	1,2	0,83	1	1	0,83	0,022	30

Обозначения: l_n — номинальная длина кабелей связи, m_n — число информационных линий (при односторонней передаче данных), n_n — число информационных разрядов сообщения, $n_{ад}$ — число адресных разрядов сообщения, $n_{ком}$ — число командных разрядов сообщения, n_{Σ} — количество битов информации, передаваемых за один цикл обмена.

При организации непосредственного доступа в память (НДП) $\eta_1 = \eta_3 = 0$, $\eta_4 = 1$ и $\eta_2 = 1$, так как устройство выставляет запрос НДП и процессор в результате анализа проводит загрузку ВУ и передает управление шинами [5, 26].

В том случае, когда времена выполнения команд имеют значительные отличия, возможна оценка по количеству циклов памяти (время выполнения команд ввода-вывода $t_{к. вв-выв}$ равно циклу памяти $\tau_{ЗУ}$, команд типа регистр-память — $t_{к. р-п} = 2\tau_{ЗУ}$, а команд типа память-память $t_{к. п-п} \geq 3\tau_{ЗУ}$ [5, 28]).

После установления связи ведущее устройство выполняет передачу или прием данных. Так как обмен в большинстве случаев осуществляется между буферным регистром ведущего и одним из регистров ведомого, для выполнения обмена требуются дополнительные команды (например, чтения данных из ЗУ в буферный регистр или запись из него в ЗУ), а потому время передачи

$$t_{ОД}^* = \eta_5 n_{к. инф} \bar{t}_{к. инф} + \eta_6 n_{к. доп} \bar{t}_{к. доп}, \quad (19)$$

$$t_{ОМ}^* = K_M t_{ОД}^*,$$

где $(n_{к. инф}, \bar{t}_{к. инф})$ и $(n_{к. доп}, \bar{t}_{к. доп})$ — количество и среднее время выполнения соответственно команд передачи информации и дополнительных команд.

Процессу окончания обмена предшествует анализ полноты передачи сообщения или анализ состояния внешнего устройства, передающего данные:

$$t_{ОО}^* = \eta_7 n_{к. оо} \bar{t}_{к. оо}. \quad (20)$$

При программируемом обмене $\eta_5 = \eta_6 = 1$, $\eta_7 = 1 \vee 0$, а в режиме НДП — $\eta_5 = 1$, $\eta_6 = 0$, $\eta_7 = 0$.

Суммарное время обмена (время выполнения драйвера)

$$T_o^* = t_{св}^* + t_{ОМ}^* + t_{ОО}^*, \quad (21)$$

однако каждая группа команд драйвера включает специальные команды внешнего обмена, время выполнения которых определяет время работы сопряжения:

$$T_o' = t_{св}' + t_{ОМ}' + t_{ОО}'. \quad (22)$$

Здесь $t_{св}'$, $t_{ОМ}'$, $t_{ОО}'$ — величины времени в выражениях (18)–(20), учитывающие только выполнение команд внешнего обмена.

По аналогии с (15) определим коэффициент информативности обмена

$$K'_и = (n_{к. инф} \bar{t}_{к. инф} K_M) / T_o', \quad (23)$$

общую и полезную информационную производительность

$$I'_{иО} = n_{\Sigma} / T_o', \quad I'_{иП} = n_n / T_o' \quad (\text{при } K_M = 1), \quad (24)$$

а также интенсивность обмена

$$\lambda_o' = 1 / T_o'. \quad (25)$$

Коэффициент информативности обмена $K'_и$ будет близок единице, если количество команд передачи данных близко к общему количеству команд внешнего обмена.

Так как количество команд внешнего обмена и общее число команд программы драйвера известны, можно найти активность программы обмена

$$K_a = T^o / T_o^*, \quad (26)$$

коэффициент информативности обмена с учетом общего числа команд программы драйвера

$$K_n^* = t'_{OM}/T_o^* \quad (27)$$

интенсивность обслуживания внешних устройств

$$\lambda_o^* = 1/T_o^* \quad (28)$$

и информационную производительность обслуживания ВУ

$$I_{ИП}^* = n_n/T_o^* \quad (\text{при } K_m = 1). \quad (29)$$

Выражения (23)—(25) позволяют определить ограничение информативности обмена и информационной производительности сопряжения со стороны ведущего устройства, связанное со временем выполнения и количеством команд внешнего обмена, которые зависят от структуры ведущего устройства и способа обслуживания, а выражения (26)—(29) характеризуют активность драйвера, информативность и интенсивность обслуживания ВУ и информационную производительность с учетом времени выполнения драйвера.

ЛИТЕРАТУРА

1. ЕС ЭВМ. Интерфейс ввода-вывода. Структура и состав. Требования к функциональным характеристикам. ОСТ 4. ГО. 304.000. Ред. 1-72. М., 1972.
2. Никитюк Н. М. Малые ЭВМ семейства PDP-11.— Зарубеж. радиоэлектроника, 1976, № 3.
3. Себери. DEC LSI-11 — система на базе микро-ЭВМ, совместимая с мини-ЭВМ.— ТИИЭР, 1976, т. 64, № 6.
4. Система команд и архитектура микро-ЭВМ «Электроника ИЦ-03»: Краткое описание. М., 1977.
5. Соучек Б. Мини-ЭВМ в системах обработки информации. М.: Мир, 1976.
6. Устройство специализированное управляющее вычислительное «Электроника ДЗ-28»: Инструкция по эксплуатации. Смоленск, 1977.
7. Черепанов В. Г. Программирование в кодах ЭВМ «Электроника С-50». Красноярск: изд. КПИ, 1976.
8. Резанов В. В., Костелянский В. М. Интерфейсы ввода-вывода электронных вычислительных машин.— ИКА, 1975, вып. 13, с. 57.
9. Резанов В. В., Костелянский В. М. Управляющие вычислительные комплексы СМ1 и СМ2.— Приборы и системы управления, 1977, № 10, с. 6—9.
10. Комплекс технических средств для локальных информационно-управляющих систем. Интерфейс ИЕО. Логические, электрические и конструктивные условия. ОСТ 25 450-74. Введ. 1.12.75. Гр. П87. ГСП.
11. Агрегатированные комплексы приборов и средств автоматизации. Интерфейс ИЕ4. Логические условия. ОСТ 25 190-74. Введ. 1.3.74. Г. П70.
12. Колнаков И. Ф. Электронная аппаратура на линии с ЭВМ в физическом эксперименте. М.: Атомиздат, 1973.
13. SAMAC. A Modular Instrumentation System for Date Handling. EUR-4100, 1972.
14. Никитюк Н. М. Организация последовательной системы в стандарте КАМАК.— Зарубеж. радиоэлектроника, 1975, № 9.
15. SAMAC. Organization of Multi-Crate Systems. EUR-4600, 1972.
16. PDP-Computer Family. USA: Copyright DEC, 1976.
17. Бауманн В., Куртц Н., Науманн Г. Стандартные интерфейсы для цифровых измерительных систем. М.: Мир, 1977.
18. Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation. IEEE Std.-488-1975.
19. Риччи, Пельсон. Стандартизация интерфейсов для измерительных приборов.— Электроника: Пер. с англ., 1974, № 23, с. 34—51.
20. Девис Д., Барбер Д. Сети связи для вычислительных машин. М.: Мир, 1976.
21. Сопряжение ввода-вывода с групповым блоком управления «Интерфейс Т». ОСТ 4. АШО. 304.004. Ред. 1-73.
22. Нику Д. Стандартные сопряжения внешних устройств микропроцессоров.— ТИИЭР, 1976, т. 69, № 6.
23. Форс. Стандартная микропроцессорная шина, упрощающая задачи разработчиков микрокомпьютеров.— Электроника: Пер. с англ., 1978, № 15, с. 33—41.
24. Мячев А. А. Системные интерфейсы управляющих вычислительных комплексов.— ИКА, 1978, № 2 (14), с. 46—50.
25. Мандельштам С. М., Соловьев А. Г., Подиков М. Б., Эйдуе В. Е. Интерфейсы в ИВС — многообразие и единство.— ИКА, 1978, № 2 (14), с. 33—45.

26. Иванов В. В. Структура ввода-вывода и организация интерфейса в мини- и микро-ЭВМ.— Препринт № 74-69. Киев: изд. ИК АН УССР, 1974.
27. Куценко А. В., Полосьянц Б. А., Ступин Ю. В. Мини-ЭВМ в экспериментальной физике. М: Атомиздат, 1975.
28. Палагин А. В., Иванов В. А., Кургаев А. Ф., Денисенко В. П. Мини-ЭВМ, принципы построения и проектирования. Киев: Наукова думка, 1975.
29. Ляпунов А. А., Шестопад Г. А. Об алгоритмическом описании процессов управления.— В кн.: Математическое просвещение. М.: Физматгиз, 1957, вып. 2.

Поступила в редакцию 20 марта 1979 г.

УДК 681.327.521

Ю. В. ОБИДИН, А. К. ПОТАШНИКОВ, Г. Ф. СИТНИКОВ

(Новосибирск)

«СКАН-2» — УСТРОЙСТВО ВВОДА ПОЛУТОНОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЭВМ

В работах [1, 2] описана экспериментальная установка «Зенит», предназначенная для ввода в ЭВМ фотографической информации. В настоящее время создана новая, более совершенная система «Зенит-2» [3]. Составной частью системы является ЭСУ — электронное сканирующее устройство «Скан-2», описанию которого посвящена данная работа.

В своем составе «Скан-2» имеет фотоэлектрический узел, край управления сканированием, полутоновый визуализатор на ЭЛТ 23ЛК2Б и полутоновый дисплей телевизионного типа (рис. 1). Монитор и дисплей являются сервисными устройствами, облегчающими работу оператора. Вся система работает в режиме «on line» с ЭВМ ЕС-1010.

Фотоэлектрический узел, структурная схема которого приведена на рис. 2, содержит генератор бегущего светового пятна (ЭЛТ с фокусирующе-отклоняющим комплексом (ФОК), блок координатного отклонения и фокусировки (БКОиФ) и высоковольтный источник (ВВИ)), оптическую систему, два фотоприемника с логарифмическими преобразователями и блок калибровки. Конструктивно фотоэлектрический узел размещен на массивном основании координатного стола.

В описываемом варианте ЭСУ ГБСП выполнен на ЭЛТ 13ЛК16Л с электромагнитной системой отклонения и фокусировки. Спектр излучения ЭЛТ смещен в сине-фиолетовую область, что вызывает некоторые затруднения при выборе объектива.

Управление положением и диаметром светового пятна на экране ЭЛТ осуществляется с помощью блока координатного отклонения и фокусировки, в состав которого входят: усилители мощности, выполненные по схеме с общей нагрузкой; функциональный преобразователь; стабилизатор тока фокусировки; усилитель подсветки и цепи формирования токов статической коррекции (центровки луча, выравнивания яркости и компенсации астигматизма фокусировки).

С помощью функционального преобразователя формируются поправки к основным отклоняющим и фокусирующему токам, необходимые для коррекции координатных ошибок и исправления искажений формы светового пятна, возникающих при отклонении электронного луча ЭЛТ от центрального положения. Аппроксимируются корректирующие токи полиномами вида

$$\Delta I_x = a_1 x^3 + a_2 y^2 x,$$

$$\Delta I_y = b_1 y^3 + b_2 x^2 y,$$

$$\Delta I_\phi = c_1 x^2 + c_2 y^2.$$