

## ЛИТЕРАТУРА

1. Hodgkin A. L., Huxley A. F.—“J. of Physiol.”, 1952, vol. 116, p. 473; “J. of Physiol.”, 1952, vol. 117, p. 500.
2. Reuter H.—“J. of Physiol.”, 1974, vol. 242, p. 421.
3. Pojeda T., Rougier O.—“J. of Physiol.”, 1974, vol. 242, p. 421.
4. PDP8/E — PDP8/M Small Computer Handbook.— Digital Equipment Corporation, 1972.
5. Parson D. M.—“Math. Biosci.”, 1968, vol. 2, p. 123.
6. Mancini P., Piolo A.—“Comp. Biomed. Res.”, 1970, vol. 3, p. 1.
7. Foss S. D.—“Biometrics”, 1970, vol. 26, N 4, p. 815.
8. Noble D., Stein R. B.—“J. of Physiol.”, 1966, vol. 187, p. 129—162.

Поступила в редакцию 22 января 1979 г.

УДК 615.471.616-071

**Х. ПАНГРИТЦ**

(Западный Берлин)

### ПРИМЕНЕНИЕ МИКРО-ЭВМ В КЛИНИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Во вспомогательной клинической лаборатории Городской больницы Берлина была установлена система обработки данных, состоящая из двух частей: одна из них предназначена для сбора и предварительной обработки данных, другая — для обработки данных и управления. Работа выполнена в рамках плана исследований для проверки применимости микро-ЭВМ в области медицины.

Система сбора данных включает в общей сложности 8 микро-ЭВМ, 6 из которых подключены к различным аналитическим устройствам. Цель исследования — выяснение, в каких пределах внутри аналитических устройств или будучи связанными с ними микро-ЭВМ могут управлять функциями этих устройств, осуществлять измерительные процедуры и вычислять конечный результат.

Вспомогательная клиническая лаборатория отделена от центральной лаборатории и имеет собственное оборудование для выполнения следующих анализов: энзимы и субстраты (фотометр); щелочные ионы (пламенный фотометр); газы в крови и рН (анализатор газов крови); глюкоза (анализатор глюкозы); время коагуляции (коагулометр); гематология (счетчик клеток, микроскоп, гематокрит-центрифуга); качественные и полуколичественные анализы (индикаторы, другие быстрые реактивы, микроскоп).

На рис. 1 показана блок-схема аналитических приборов во вспомогательной лаборатории и система сбора данных, использующая КАМАК. Крейт КАМАК содержит микро-ЭВМ CAPRO-1 (изготовитель INCAA, Апельдорн, Нидерланды) в качестве автономного крейт-контроллера (1) и ряд микро-ЭВМ SAMOPS (с 4-го по 9-й), связанных с различными аналитическими приборами. Одна микро-ЭВМ SAMOPS (3) представляет собой интерфейс для ряда устройств, считывающих закодированную информацию с этикеток с целью идентификации образцов. Остальные микро-ЭВМ SAMOPS являются собственной разработкой и будут обсуждены позднее. ТТУ-модуль ввода-вывода (1) осуществляет связь с системой обработки данных, состоящей из мини-ЭВМ и ее стандартных периферийных устройств. Эта связь выполнена через стандартную линию [1], точно определяющую состав оборудования и процедуры передачи данных.

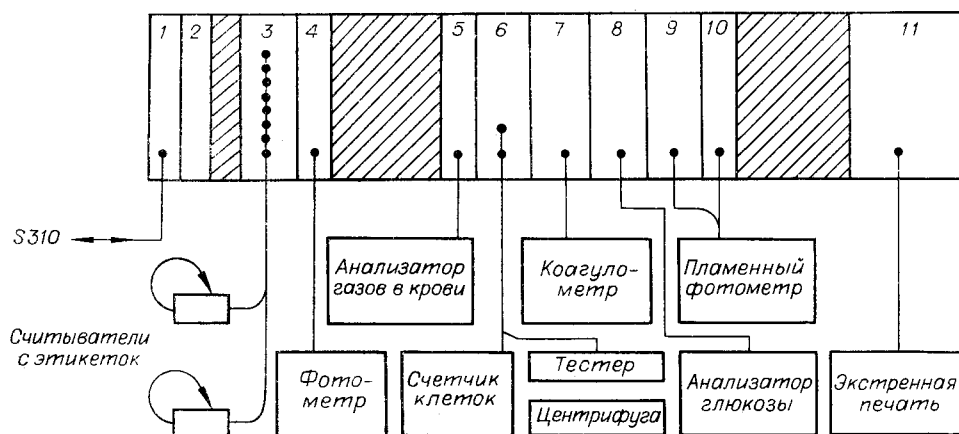


Рис. 1. Система сбора данных:

1 — ТТУ-модуль для связи с системой обработки данных, 2 — часы реального времени, 3 — САМОПС-интерфейс для связи с устройствами, считывающими информацию с этикеток, 4 — САМОПС-интерфейс к фотометру, 5 — САМОПС-интерфейс к анализатору газов в крови, 6 — САМОПС-интерфейс для гематологических измерений, 7 — САМОПС-интерфейс к коагулометру, 8 — САМОПС-интерфейс к анализатору глюкозы, 9 — САМОПС-интерфейс к пламенному фотометру, 10 — АЦП для пламенного фотометра, 11 — автономный крайт-контроллер CAPRO-1.

Все интерфейсы к аналитическим приборам включают в себя микро-ЭВМ САМОПС (САМАС Modular Processor System) [2], расположенную на одной плате КАМАК, и в большинстве случаев простые схемы, такие, как линейные драйверы, линейные приемники, оптоизолирующие элементы, помещенные на второй плате КАМАК. Два из аналитических приборов имеют ТТУ-вывод и непосредственно связаны с ТТУ-входом САМОПС. На рис. 2 показана блок-схема САМОПС. Эта микро-ЭВМ содержит микропроцессор M6800 (Motorola Comp.), 1К байт памяти с произвольным доступом для хранения данных и 6К байт полупостоянной памяти для программы. Три разъема предназначены для подключения внешних приборов: последовательный вход ТТУ, быстродействие которого может быть выбрано между 110 и

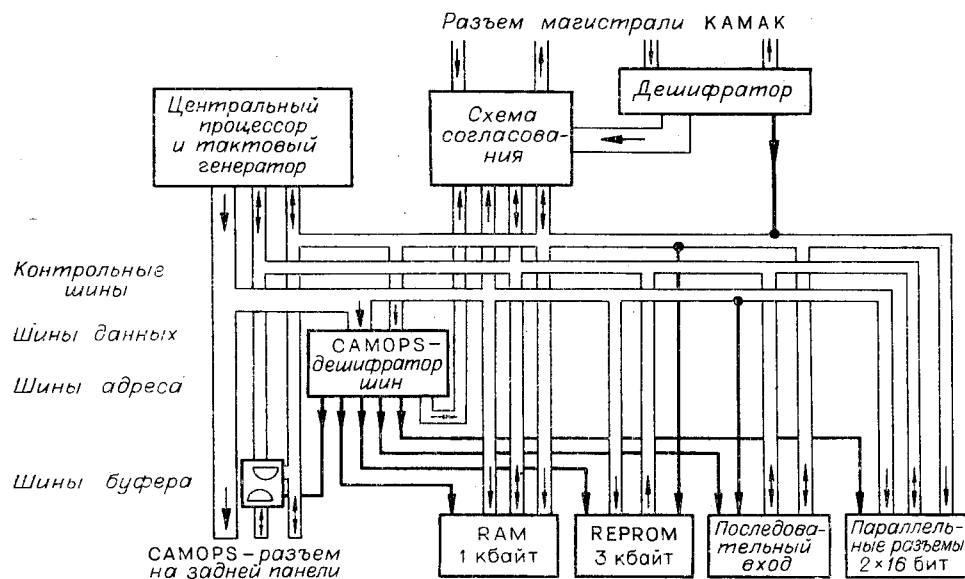


Рис. 2. Блок-схема САМОПС-процессора в модуле из [4].

9600 битов в секунду, и два параллельных разъема по 16 бит каждый. Со 2-го по 16-й разряды параллельных разъемов могут быть выбраны программно как входы или выходы независимо друг от друга. Для подключения к шинам данных магистрали КАМАК микро-ЭВМ САМОПС содержит буферы FIFO (First — in — First — out — Buffers) емкостью 128 байт для каждого направления связи. Это значит, что из 24 шин данных магистрали КАМАК используются только 8, так как микро-ЭВМ оперирует словами 8-разрядной длины.

Применение буферов FIFO для связи по магистрали означает, что все передачи между крейт-контроллером и САМОПС микро-ЭВМ являются пакетными. Для передачи от САМОПС к крейт-контроллеру САМОПС загружает свой READ — FIFO блоком данных до 128 байт и затем генерирует запрос LAM. Крейт-контроллер считывает данные, используя сигнал Q (EUR4100, раздел 5, 4, 3. 3, [3]), т. е. САМОПС генерирует  $Q = 1$  с каждым циклом чтения до тех пор, пока все данные не будут прочитаны из READ — FIFO. Для передачи из крейт-контроллера в САМОПС буфер WRITE — FIFO САМОПС загружается данными с использованием обычных команд записи КАМАК. Затем специальная команда КАМАК EXECUTE запустит микропроцессор внутри САМОПС, чтобы принять содержимое WRITE — FIFO.

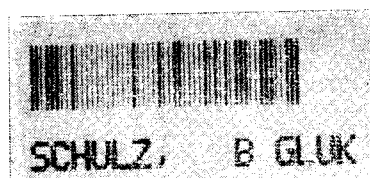
В КАМАК-системе для сбора и предварительной обработки данных в клинической лаборатории вся информация между САМОПС-интерфейсами различных аналитических приборов и крейт-контроллером CAPRO-1 передается пакетами данных в соответствии с ASCII (7-разрядными кодами).

КАМАК-система в своей исходной спецификации не предусматривает передачи из модуля в модуль. На рис. 1 показана КАМАК-конфигурация, в которой пламенный фотометр связан как с САМОПС-интерфейсом, так и с аналого-цифровым преобразователем, поскольку фотометр генерирует два аналоговых сигнала, представляющих собой результаты измерений для  $Na^+$  и  $K^+$ . Поэтому необходимо выполнить небольшую программу в автономном крейт-контроллере для того, чтобы запустить преобразование аналоговых сигналов в сдвоенном АЦП, прочесть цифровые значения из АЦП, перенести эти результаты в соответствующий САМОПС для дальнейшей обработки и т. д. Эта процедура создает необходимость иметь программные сегменты, ориентированные на устройства, внутри программы автономного крейт-контроллера, который во всех остальных отношениях является абсолютно независимым от специального применения и только организует передачу информации между САМОПС-интерфейсами и системой обработки данных лаборатории.

Найдено следующее решение этой проблемы: САМОПС, требующий выполнения специальной программы крейт-контроллером, должен передать программный код в соответствии с ASCII, имеющий значение ESC, в крейт-контроллер в начало блока данных. Крейт-контроллер будет хранить этот код в специальном сегменте памяти. Поскольку программа хранится в крейт-контроллере, соответствующий САМОПС может запустить ее выполнением посылкой кода DCI. В основном программа будет состоять из команд КАМАК, считывающих данные из одного модуля и записывающих эти данные в другой модуль, включая синхронизацию по запросам LAM и т. д.

Во вспомогательной лаборатории все запросы на анализы должны выполняться сразу. Поэтому невозможно использовать автоматические аналитические устройства, обрабатывающие серии контейнеров с образцами. Вследствие этого ручная работа с очень небольшими группами образцов привела к использованию липких этикеток для идентификации образцов. Этикетка для идентификации содержит одну строку символов, информирующих об имени пациента, типе образца и тре-

Рис. 3. Этикетка с закодированной в линиях информацией и строкой символов для идентификации образца.



буемом анализе. Вторая строка содержит 9 цифр плюс соответствующий код, напечатанный в виде линий, в котором «0» представлен тонкой линией, а «1» закодирована толстой линией (рис. 3). Первые три цифры числа определяют анализ, который должен быть выполнен (номер метода), а оставшиеся 6 цифр представляют идентификационный номер пациента.

Перед началом измерительной процедуры аналитическим устройством идентификационная метка, приклеенная к контейнеру с образцом, должна быть прочитана оптическим считывателем, имеющим форму карандаша. Информация от считывателя подается в ЭВМ САМОПС, которая оценивает сигнальный поток временным измерением для того, чтобы различить тонкие и толстые полосы, и генерирует соответствующие этому потоку эквивалентные ASCII коды. Этот блок данных передается в крейт-контроллер, который переносит его в соответствующий номеру метода САМОПС-интерфейс.

Использование этикеток с закодированной линиями информацией, которая может быть оптически прочитана, позволяет применить тот же самый механизм для ввода данных от качественных и полуколичественных оценок с индикаторами и другими быстрыми реактивами. Все возможные результаты этих оценок напечатаны на этикетках и зафиксированы. Вначале в систему сбора данных считывается информация с идентификационной этикетки, а затем с этикетки для метода. На рис. 4 показан простой пример группы результирующих этикеток для пробы порфобилиногена.

Использование отдельной микро-ЭВМ САМОПС для оценки кодированных этикеток невыгодно, когда имеет место передача между различными микро-ЭВМ внутри КАМАК-крейта перед началом измерения; а каждая этикетка должна содержать в себе номер метода для сбора информации в соответствующий интерфейс. Можно было бы оборудовать каждый интерфейс считывателем кодирующих линий и специальной программой для оценки кода. Но тогда специализированный считыватель должен сопрягаться со специальным аналитическим прибором. Выбранное нами решение дает возможность использовать любой считыватель в лаборатории для любых этикеток, обеспечивая тем самым высокую надежность в случае поломки считывателя. Задачи микро-ЭВМ в интерфейсах аналитических приборов состоят в следующем:

1. Результаты измерений аналитических приборов принимаются интерфейсами.

Некоторые из приборов генерируют команды ГОТОВО или ПЕЧАТЬ, которые могут быть использованы микро-ЭВМ как отметки времени для считывания данных с выхода прибора. Если прибор не генерирует такой сигнал, оператор по окончании анализа может нажать кнопку, после чего данные будут приняты интерфейсом. В лаборатории оказалось необходимым сделать усовершенствование электронной ча-

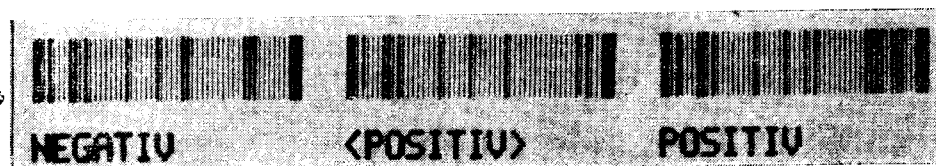


Рис. 4. Результаты пробы порфобилиногена.

сти некоторых приборов, чтобы получить возможность автоматического или полуавтоматического приема данных. Этой процедуры следует избегать, поскольку она оказывается дорогостоящей, препятствует замене прибора в случае его поломки и т. п. Иногда в случае доработки прибора лабораторией даже теряется гарантия изготовителя. Аналитические приборы, объединяемые в системе сбора данных, должны быть оборудованы разъемами для данных, в противном случае они могут быть использованы только в режиме «off line».

2. Для каждого аналитического прибора и различных анализов имеется несколько рабочих правил, которым должен следовать персонал лаборатории. Это этапы процедуры, управляемые от микро-ЭВМ в интерфейсе, например:

а) пламя пламенного фотометра должно быть зажжено по меньшей мере за 10 мин до начала первого измерения;

б) анализатор глюкозы требует проверки точности перед началом первого измерения;

в) в определенные временные интервалы должна осуществляться калибровка некоторых аналитических приборов;

г) некоторые из анализов требуют наблюдения за ходом химического или электрического измерения.

Если один из контролируемых шагов не выполнен, то микро-ЭВМ добавляет статусное сообщение к следующему результату, который посылается в систему обработки данных. Сомнительный результат может быть вычеркнут оператором после повторного измерения в корректных условиях, но если результат получен, то статусная информация не может быть вычеркнута и позднее должна появиться в лабораторном журнале.

Слежение за выполнением этапов процедуры очень полезно, так как помогает в работе персонала лаборатории и в какой-то мере препятствует появлению ложных результатов. Если слежение требует дополнительной статусной информации от аналитического прибора, которая может быть достигнута только манипуляциями в приборе, то оно должно быть отвергнуто по причинам, изложенным выше.

В большинстве случаев измерение само по себе не может быть прослежено микро-ЭВМ в интерфейсе с одним исключением: интерфейс для счетчика клеток, используемый для гематологического анализа, не соединен с выходом прибора, дающего результат счета, однако последовательность счетных импульсов поступает прямо на интерфейс и подсчитывается микро-ЭВМ. Это делает возможным поделить время счета на равные отрезки и сравнить промежуточные результаты каждого отрезка времени для выделения скоростей счета, необходимых для установленной измерительной канюли.

3. Все результаты калибровочных измерений обрабатываются в микро-ЭВМ интерфейсов и не посылаются в систему обработки данных. В большинстве случаев проверялось единственное: лежат ли результаты в заданных пределах. В случае с анализатором газов в крови при каждой калибровке блок данных содержал, кроме прочего, парциальное давление кислорода и атмосферное давление, посылаемые из прибора в интерфейс. Поскольку парциальное давление кислорода в большей степени зависит от атмосферного давления, микро-ЭВМ может вычислять текущие пределы калибровки для парциального давления кислорода на основе простого алгоритма, использующего значения атмосферного давления. Если значение калибровки не лежит в заданных пределах или время между двумя калибровками превышает заданный предел, то все последующие измерения будут маркированы соответствующей статусной информацией.

4. Качественный контроль в клинических лабораториях требует измерений со специальной сывороткой для определения правильности

и точности. Во вспомогательной лаборатории для каждого метода проводилось от начала и до конца по меньшей мере одно качественное контрольное измерение в день, в противном случае микро-ЭВМ в интерфейсах должны добавлять к каждому результату измерения соответствующую статусную информацию, означающую, что данные образца пациента были обработаны без предварительного качественного контроля метода.

Результаты измерений качественного контроля передаются в систему обработки данных вместе со специальными идентифицирующими числами, характеризующими аналитический прибор и метод. Все оценки данных качественного контроля пересылаются в систему обработки данных.

5. Некоторые из аналитических приборов проводят измерения, которые не являются окончательным результатом, но могут быть скомбинированы с другими значениями, коэффициентами растворения, таблицами коррекции и т. д. для вычисления конечного результата. Все вычисления такого типа осуществляются микро-ЭВМ в интерфейсе, если это не коэффициенты, зависящие от расхода реактива. Эти коэффициенты не могут быть легко введены в микро-ЭВМ, программы которой хранятся в полупостоянной памяти; в этих случаях конечные результаты вычисляются в системе обработки данных, использующей данные из файла для расходозависимых параметров.

Приведем примеры вычислений, проводимых в микро-ЭВМ интерфейсов: умножение результатов на данный коэффициент растворения, вычисление среднего времени коагуляции по нескольким измерениям для одного и того же образца и вычисление максимального отклонения любого измеренного значения от вычисленного среднего, коррекция результатов от счетчика клеток, оценка различия концентраций глюкозы между плазмой и сывороткой, вычисление среднего отклонения между измерениями кинетической активности энзимов и наблюдение за максимальным отклонением любого измеренного значения от вычисленного среднего.

6. Каждый результат анализа передается из микро-ЭВМ в соответствующий интерфейс системы обработки данных в блок данных, содержащий номер метода, идентифицирующее число, результат, коэффициент растворения, статусную информацию.

Номер метода в закодированной информации на этикетке характеризует или отдельную проверку, к примеру пробу глюкозы в сыворотке, или набор различных проверок, такой, как анализ содержания газов в крови. Тем не менее каждая отдельная проверка имеет свой собственный номер метода, и в случае комбинированного запроса микро-ЭВМ в интерфейсах будут генерировать индивидуальные номера методов для каждого результата, подлежащего передаче в систему обработки данных. Например, метод с номером 410 для анализа газов в крови дает номера методов: 411 для рН, 412 для парциального давления  $\text{CO}_2$ , 413 для стандартного бикарбоната, 414 для щелочных остатков, 415 для парциального давления кислорода, 416 для насыщения кислородом.

Идентифицирующее число в блоке данных, относящееся ко второй части информации, закодированной в линиях, считывается перед началом измерения.

Коэффициент растворения, поскольку он уже учтен микро-ЭВМ, обычно равен 1. Лишь в таких случаях, когда конечный результат должен быть вычислен в системе обработки данных с использованием расходозависимых параметров, коэффициент растворения в блоке данных может иметь другое значение. Микро-ЭВМ в интерфейсе получает коэффициент растворения либо с ключей, расположенных на аналитическом приборе, либо из специальной дополнительной информации, закодированной в линиях, прочитанной сразу после идентифициру-

щей этикетки образца. Специальные этикетки, такие, как этикетки растворения, оказываются простым и реальным путем для ввода дополнительной информации.

Статусная информация состоит из одного символа, в котором может быть представлено до шести различных сообщений. Например, символ *G* в блоке данных от счетчика клеток означает, что были флуктуации скорости счета, превышался диапазон измерения и не было контроля качества перед началом измерения.

Все блоки данных, передаваемые из системы сбора данных в систему обработки данных и управления по последовательной линии связи, организованы идентично. Это значит, что программный драйвер для этой связи в мини-ЭВМ очень простой и замена одного аналитического прибора другим не влияет на программу в системе обработки данных.

Цель описанной работы — проверить спектр особенностей обработки данных под контролем микро-ЭВМ. Исходя из опыта, полученного во вспомогательной лаборатории, можно сказать, что использование микро-ЭВМ совместно с аналитическими приборами упрощает управление этими приборами, снабжает оператора текущей информацией об ошибках измерений и уменьшает число ложных результатов. Встраивание микро-ЭВМ в интерфейсы является временным решением, поскольку большинство современных аналитических приборов будет управляться встроенными микро-ЭВМ. Вообще, следует избегать «личного» контакта между прибором и его интерфейсом, т. е. должны использоваться только такие сигналы, которые представлены стандартной версией аналитического прибора при любом способе связи с ЭВМ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Porth A. J., Killian K., Pangritz H. Hardware Ports for the On-line Connection of Devices to Data Processing Systems in the laboratory for Clinical Chemistry. German Society for Medical Documentation, Informatics and Statistics, 1975.
2. Kolibach D., Schmidt V. CAMAC Microcomputer Module — CAMOPS. HMI Report 245, December 1977.
3. CAMAC — A Modular Instrumentation System for Data Handling EURATOM-Report 4100, Revised Edition, 1972.
4. Metzler H.-G., Pangritz. Automation of an emergency laboratory with microprocessors and a central minicomputer.— In: Computing in Clinical Laboratories. F. Siemaszko (Ed.). England, Pitman Medical Publishing CO Ltd, 1978.

*Поступила в редакцию 23 апреля 1979 г.*