

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 612.014.421.8 : 621.398

И. КРЕКУЛЕ, П. ЦАЛЮД  
(Прага, ЧССР)

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ МОДУЛИ КАМАК  
ДЛЯ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ  
В НЕЙРОФИЗИОЛОГИИ**

В обработке результатов нейрофизиологических исследований главная роль принадлежит обработке данных в реальном масштабе времени, а также в режиме "on line", которая необходима для автоматизации любых экспериментальных исследований. Поэтому нейрофизиологические лаборатории оснащены в настоящее время ЭВМ, особенно мини-ЭВМ. Обработка экспериментальных массивов в реальном масштабе времени, накопленных в ходе исследований, обычно представляет собой сжатие данных или усиление сигналов; здесь возможно выделить две разные области обработки: анализ временного ряда и анализ изображений. Они отличаются используемыми внешними устройствами ввода-вывода и процедурами.

Анализ временного ряда основан на описании линейных систем путем использования статистики до второго момента. Однако в настоящее время наблюдается стремление к более общему анализу нелинейных систем с более высокими требованиями к возможностям компьютеров [1]. Для того чтобы разобраться с параллельной структурой нервной системы, требуется одновременная обработка ее многочисленных сигналов (например, активности большого числа нейронов, многоканальных ЭЭГ), что накладывает довольно высокие требования на входную способность используемого процессора. Высокие входные параметры также необходимы в области обработки изображений (например, автордиографии, микрофотографии ткани, клетки), особенно, когда для превращения света в электрический сигнал применяется телевизионная аппаратура. Несмотря на заметный прогресс, достигнутый в области обработки оптических сигналов, при изучении физиологии нервной системы преобладает цифровая электроника.

В нейрофизиологических лабораториях можно встретить два типа мини-процессоров, причем обычно оба одновременно играют роль устройств обработки данных и терминалов в вычислительной сети. Прежде всего следует упомянуть систему мини-ЭВМ на интегральных схемах — так называемую лабораторную мини-ЭВМ (например, DECLABS — DEC, США), внешние устройства которой (АЦП, ЦАП, часы реального времени) и программное обеспечение предназначены для работы в лабораториях. Второй тип — это микропроцессор общего назначения, расширяемый для конкретной задачи пользователем или специальной организацией до мини-ЭВМ. Мы не будем обсуждать здесь достоинства этих типов, хотя последний может быть более гибким, так как обычно он имеет модульную конфигурацию внешних устройств и использует существующие стандарты модульных электронных систем, в частности стандарт КАМАК.

Высокие требования ко входной емкости и мощности обработки в нейрофизиологических лабораториях в большинстве случаев определяются очень частыми, но простыми процедурами (например, селекция уровня, амплитудное детектирование). Экономично эти требования можно удовлетворять синхронной обработкой только в том случае, когда применяются мини-процессоры стандартной архитектуры. Учитывая ограниченность технических возможностей и многообразие постоянно изменяющихся требований, предъявляемых лабораториями, можно понять важность обработки, производимой внешними устройствами, т. е. предварительной обработки и нормализации сигнала.

Предварительная обработка и организация вычислительной сети — это причины, по которым в лабораториях, кроме мини-ЭВМ, имеющей свой модульный принцип и большой набор различных модулей, используется также система КАМАК. В большинстве своем ЭВМ, применяемые для исследований в области нейрофизиологии в Институте физиологии Академии наук ЧССР, являются лабораторными (LINC 8, LINC, DECLAB 8, DECLAB 11, DEC USA). В рамках разработки системы КАМАК нормализа-

ции и предварительной обработки сигнала уделялось некоторое внимание [2]. Были созданы два специальных модуля для предварительной обработки ( $A_1$ ,  $A_2$ ) и один для ввода телевизионного видеосигнала. Все эти модули соответствуют стандарту КАМАК, но магистраль не используется, поскольку все входные, выходные управляющие сигналы поступают через переднюю панель. Эти модули находятся в двойных станциях КАМАК. Основу модулей  $A_1$  и  $A_2$ , сконструированных для выполнения общих требований по нормализации и обработке аналоговых сигналов, составляют аналоговые MS 1 схемы, дополненные цифровыми элементами. Они оперируют следующими аналоговыми сигналами (если нет оговорок):  $U_{вх}$ ,  $U_{вых} \pm 10$  В, частота 0—10 кГц,  $z_{вх} \geq 10$  КОм,  $z_{вых} \leq 0,1$  Ом; усиление от 40 до 6 дБ, время переключения  $< 2$  мкс. Изменением нескольких переходов можно менять выполняемую функцию. Модуль  $A_1$  состоит из четырех одинаковых операционных усилителей (ОУ) (TESLA MAA 502 или FAIRCHILD MA 709) и двух квадрупольных NANDS (TESLA MM 7400 или TI SN 7400 N). Модуль  $A_1$  в основном применяется для нормализации сигналов, а оба ОУ могут работать в качестве повторителя, инвертора, суммирующего усилителя и компаратора. Кроме того, любая пара ОУ может образовать дифференциальный усилитель. Цифровые схемы используются в качестве формирователей выходных сигналов и ждущих мультивибраторов.

Модуль  $A_2$  состоит из трех ОУ, аналогичных описанным выше, дополненных МОП-транзисторами переключающего типа и двумя триггерами (TESLA MH 7474 или TI SN 7474 N), и применяется для предварительной обработки. Каждый ОУ может быть использован как аналоговый переключатель (частота 0—5 кГц), пиковый детектор (частота 0—1 кГц, дрейф нуля  $\leq 3$  мВ, погрешность  $\leq 3$  мВ), схема квантования и запоминания (частота 0,1 кГц, дрейф  $\leq 3$  мВ, время хранения  $< 10$  мкс), преобразователь «время — напряжение». Цифровые элементы использовались для создания RS-, D-триггеров или двухступенчатых двоичных счетчиков.

Применение этих модулей (характеристики которых были обсуждены и подготовлены нами совместно с Центральным институтом исследований сердечно-сосудистых регуляций Академии наук ГДР) примерно в десять раз облегчает некоторые процедуры ввода в отношении количества инструкций и времени их выполнения, например амплитудное детектирование активности нейронов [3].

Модуль телевизионной синхронизации ввода на микросхемах средней интеграции SSI и MSI из сложного видеосигнала выделяет импульсы синхронизации кадра и строки, делает выборку телевизионного сигнала и синхронизирует функции для аналого-цифрового преобразователя в мини-ЭВМ. Эти функции синхронизируются для получения так называемого сканирования по колонкам [4]: из каждой строки матрицы изображений данного кадра ( $256 \times 256$  точек) производится выборка одного элемента всегда в одно и то же время относительно начала строки, следовательно, в ЭВМ из одного кадра всегда подается одна колонка. Следующая колонка берется из следующего кадра. Таким образом, этот модуль позволяет вводить видеосигнал стационарного изображения (микрофотографии) с телевизионной частотой строк 16 К выборок в секунду. Описанные модули работают более года с хорошими результатами. Мы планируем в ближайшем будущем включить в набор специальных КАМАК-модулей цифровую (8 бит, 256 слов) линию задержки аналоговых характеристик, которая необходима для управления предварительно обработанными сигналами. Этот модуль позволит превратить стандартный лабораторный индикатор в запоминающий осциллограф.

Описанное разделение нагрузки периферийными устройствами будет полезным и экономичным для удовлетворения высоких требований ко входной емкости процессоров, используемых для сбора и анализа экспериментальных данных до тех пор, пока мультипроцессоры на основе микрокомпьютера не получат широкого распространения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Marmarelis P. Z. and McCann. Development and application of white-noise modeling techniques for studies of insect visual nervous system.— "Kybernetik", 1973, N 12, S. 74—89.
2. Blasovszky N. S. Computerized biomedical signal analysis using functional CAMAC modules.— "Biomedizinische Technik", 1976, Bd 21, S. 215—216.
3. Indra M., Zalud P., Krekute I., Dédina B., Rothenberg S. S. A hybrid modular set for on-line preprocessing of data in electrophysiology.— "Physiol. Bohemosl.", 1976, N 25, S. 371—374.
4. Skvaril J. et al. Image input devices for laboratory computer LING 8.— "Physiol. Bohemosl.", 1977, N 26, S. 281.

Поступило в редакцию 15 февраля 1979 г.