

Універсальний пристрій вводу фізіологічних характеристик в електронно-обчислювальну машину

К. О. Шкабара, Ю. С. Рубашов

Група кібернетики Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця Академії наук УРСР, Київ

Здобуття достовірних результатів при вивченні різних фізіологічних процесів неможливе без застосування математичних методів і автоматичного аналізу даних, одержаних при різних дослідженнях. Тільки при автоматичному аналізі великої кількості спостережень і з'ясування за допомогою математичних методів кількісних зв'язків між різними ланками регуляційних систем організму можна серйозно поставити питання про пізнання законів функціонування цих систем, їх моделювання і навіть відтворення.

Значна кількість електронної вимірювальної і реєструючої апаратури, яка міцно завоювала собі місце в практиці сучасного фізіологічного експерименту і в клініці, дає можливість здобути дуже багато відомостей про функціонування організму в різних умовах. Ця величезна інформація тепер прийшла в різку суперечність з можливостями її перероблення старими способами. Виникла настійна необхідність застосування різних математичних методів і сучасних електронних обчислювальних машин для здобування достовірних даних при аналізі інформації, одержуваної у фізіологічних експериментах і в клініці.

Автоматичний аналіз застосовується при вивченні: енцефалограм— авто- і кроскореляційними, амплітудно-часовими, корегентними та іншими прийомами (Бразьє, Берлоу, 1956; Ліванов 1938; Калкет, 1956; Кожевников, 1958, 1963, та ін.); електрокардіограм (Куликов, Слідзевська, 1962, та ін.); імпульсної активності нейронів (Кокс, Сміт, 1954; Преображенський, Яровицький, 1963) і деяких інших характеристик.

Проте для застосування електронних обчислювальних машин при автоматичному аналізі фізіологічних характеристик необхідна система, яка перекодувала б інформацію, що в них міститься, на двійковий код і вводила б її в електронно-обчислювальну машину (ЕОМ).

Найбільшого поширення здобули два принципи побудови таких систем: оптична система, яка виконує зчитування характеристики, записаної на фотоплівку або фотопapіp, і магнітна, при якій відбувається зчитування характеристик, записаних на магнітний носій.

Ми спинились на другому принципі, як більш точному і зручному в експлуатації.

Нижче наводимо опис пристрою, спроектованого і створеного в групі фізіологічної кібернетики Інституту фізіології АН УРСР.

* * *

Пристрій вводу фізіологічних характеристик в електронно-обчислювальну машину призначений для відтворення інформації, записаної раніше в процесі здійснення фізіологічного експерименту на магнітну стрічку, перетворення її на двійковий код і введення в ЕОМ.

Інформація у вигляді дискретної імпульсації (електричної активності нейронів), записаної за допомогою мікроелектродів і безперервних характеристик фізіологічної діяльності організму (електроенцефалограм, кривих кров'яного тиску, дихання тощо) записується синхронно на стандартну магнітну стрічку 6,3 мм для наступного роздільного і сумісного аналізу на електронно-обчислювальній машині. Крім того, для введення в ЕОМ записують також і додаткові відомості: початок і закінчення подразнення, інтервали, протягом яких необхідно виконати аналіз, тощо.

На одній доріжці записують імпульси нервової клітини, на другій — безперервні фізіологічні характеристики, на третій — відмітки про подразнення.

Ввідний пристрій підключається до ЕОМ і повністю керується з пульста ЕОМ. Пристрій складається з стрічкопротяжного механізму з 3—5 магнітними головками, генератора і лічильника часових імпульсів, логічної схеми управління і блока живлення.

При введенні в ЕОМ три магнітні головки відповідно зчитують з трьох доріжок інформацію для введення її після перетворення на двійковий код в ЕОМ.

І. Введення імпульсних характеристик в ЕОМ

Дослідження законів перероблення інформації живим організмом при його взаємодії з навколишнім середовищем на рівні нейронів має базуватись на вивченні закономірностей змін їх імпульсної активності. Очевидно, саме в ній закодовано інформацію про одержувані нервовими клітинами подразнення і про характер їх відповідей на ці подразнення. Надзвичайна різноманітність картини імпульсної активності окремих нейронів робить необхідним застосування методів математичної статистики й електронних обчислювальних машин для обробки дуже великої кількості спостережень, потрібних для одержання достовірних висновків.

Фізіологи встановили, що форма й амплітуда імпульсів нервової клітини при передачі інформації залишаються незмінними (діє закон — «все або нічого»). Тому слід припустити, що змістовний зміст інформації передається часовими інтервалами між постійними за формою та амплітудою імпульсами [1].

Пропонована схема при допомозі двійкового лічильника підраховує кількість рівних часових інтервалів, утворюваних генератором стандартної частоти, які укладаються між двома послідовними імпульсами ритмічної активності нейрона.

Можна вважати, що найменша відстань між імпульсами ритмічної активності нейронів дорівнює близько 3 мсек, а найбільша, яку доцільно реєструвати, — близько 3 сек.

Якщо вважати припустимою похибку у відліку часових інтервалів між імпульсами нейронів, що мають велику частоту розряду (при середній відстані між імпульсами 10 мсек) в межах 1%, тобто 0,1 мсек, то частота генератора часових імпульсів для відліку інтервалів між імпульсами клітини має дорівнювати 10 кілогерцам (кГц). При цьому

місткість становити вих розря Отже нують 0,1 вової клі В ра низькою 80—100 м ний генер

100
кГц
100
100



Блок-с

Схема кнопкою з часових ім встановлю лічильник від ЕОМ з тригер ди дозволу з торювача І включають

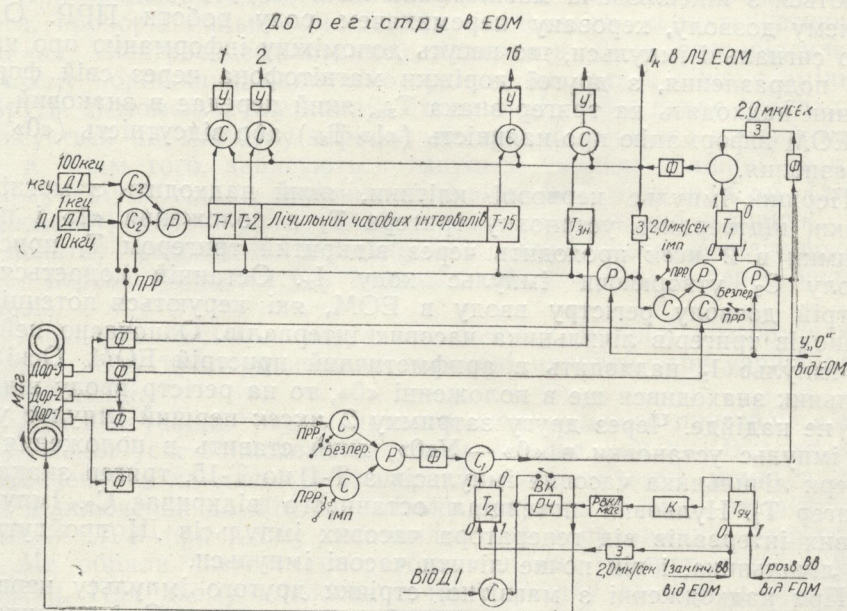
Призна вводу на номінально спрацювал пульсів» на тенціал Т₂

Перед падку ком

місткість лічильника для підрахунку довгих інтервалів (3 сек) має становити 30 тисяч імпульсів, тобто лічильник повинен мати 15 двійкових розрядів.

Отже, лічильник підраховує кількість інтервалів часу, що дорівнюють 0,1 мсек, які містяться між двома сусідніми імпульсами нервової клітини, записаними на стрічку.

В разі необхідності, аналізувати ритмічну активність нейронів з низькою частотою розрядів із середньою відстанню між імпульсами 80—100 мсек генератор часових імпульсів у 10 кГц може бути замінений генератором в 1 кГц.



Блок-схема пристрою для введення фізіологічних характеристик в ЕОМ.
Пояснення позначень дано в тексті статті.

Схема пристрою діє таким чином (рис. 1): на початку роботи кнопкою з пульта ЕОМ ставлять в «0» тригери з T_1 по T_{15} лічильника часових імпульсів, тригер знака T_{3n} і T_2 . Тригер T_1 цією ж кнопкою встановлюють в положення «1», чим він закриває вхід імпульсів на лічильник від генератора часових імпульсів. Імпульс «дозволу вводу» від ЕОМ запускає стрічкопротяжний механізм магнітофона і ставлять тригер дистанційного управління $T_{ду}$ в положення «1». Потенціал дозволу з виходу тригера надходить на сітку лампи катодного повторювача K , в катоді якого включено реле $P_{вкл. маг.}$. Контакти реле включають двигун магнітофона і подають напругу на реле часу (РЧ).

Призначення реле часу — затримувати подачу імпульсів дозволу вводу на час, потрібний для того, щоб стрічка магнітофона набула номінальної швидкості. Коли скінчиться час, потрібний для того, щоб спрацювало реле часу, розв'язуючий потенціал відкриває «вхід імпульсів» на управляючий тригер T_2 , який стає в положення «1». Потенціал T_2 відкриває схему дозволу C_1 .

Передбачена можливість відключення реле часу РЧ. В цьому випадку компенсація викривлення інформації, що відбувається внаслідок

док наростання швидкості магнітної стрічки від «0» до номінальної, програмується у вигляді підпрограми для ЕОМ.

При дуже великій кількості вводжуваної інформації, яка набагато перевищує об'єм оперативної пам'яті машини, для зменшення кількості зупинень стрічкопротяжного механізму може бути застосований другий варіант включення ввідного пристрою. Цей варіант передбачає введення числового матеріалу безпосередньо у зовнішню пам'ять машини, об'єм якої у багато разів перевищує об'єм оперативної пам'яті.

Імпульси від нервової клітини, записані на магнітофонній стрічці, подаються з підсилювача магнітофона на блок формування Φ і далі на схему дозволу, керовану перемикачем роду роботи ПРР. Одночасно сигнальні імпульси, що несуть допоміжну інформацію про наявність подразнення, з другої доріжки магнітофона через свій формувальник надходять на тригер знака T_{zn} , який передає в знаковий розряд ЕОМ інформацію про наявність («1» T_{zn}) або відсутність («0» T_{zn}) подразнення.

Перший імпульс нервової клітини, який надходить з магнітної стрічки, підтвердить установку тригера T_1 в положення «1» і після затримки в 2 мсек проходить через відкритий тригером T_1 пристрій дозволу C_3 , утворюючи імпульс коду I_k . Останній подається на пристрій дозволу регістру вводу в ЕОМ, які керуються потенціалами анодів тригерів лічильника часових інтервалів. Одночасно цей самий імпульс I_k надходить в арифметичний пристрій ЕОМ. Оскільки лічильник знаходився ще в положенні «0», то на регістр вводу ніякого коду не надійде. Через другу затримку 2 мсек перший імпульс утворює імпульс установки в «0» — $У«0»$, який ставить в положення «0» тригери лічильника часових імпульсів з $T-1$ по $T-15$, тригер знака T_{zn} і тригер T_1 . Нульовий потенціал останнього відкриває C_2 . Імпульси часових інтервалів від генератора часових імпульсів ДІ пройдуть на вхід лічильника, і він почне лічити часові імпульси.

При надходженні з магнітної стрічки другого імпульсу нервової клітини, T_1 знову встановлюється в «1», закривається C_2 і припиняється подача часових імпульсів на лічильник. Через 2 мсек цей імпульс здійснює видачу коду з лічильника на регістр вводу ЕОМ. Процес триває до приходу імпульсу закінчення вводу з ЕОМ, який ставить тригер T_2 в «0», закриває C_1 і тим самим припиняє надходження імпульсів нервової клітини, записаних на магнітній стрічці. Одночасно відключається стрічкопротяжний механізм магнітофона.

II. Введення безперервних характеристик в ЕОМ

Крім перетворення на двійковий код і введення в ЕОМ інтервалів між імпульсами ритмічної активності нейронів, записаної з допомогою мікроелектродів, у ввідному пристрої передбачена можливість перетворення і введення фізіологічних характеристик, які є безперервними (кривих кров'яного тиску, електроенцефалограм, електрокардіограм та ін.).

Перед надходженням на пристрій вводу ці характеристики мають бути записані на магнітну стрічку. Відомо, що при середній швидкості руху стрічки — 20—80 см/сек — процеси, які мають основну частоту порядку 1—30 гц, а саме такий діапазон частот більшості фізіологічних характеристик [2], не можуть бути відтворені з магнітного носія з достатнім рівнем сигналу. Звичайно такі процеси записують на маг-

нітний н
стоти за

В д
способи
вих: мет
здійснює
порівнян
що оби
записува
перервни

При
пруга, п
приклад
на схему
напруга.
записуєт
і т. д. І
одержув
змінюван
зі поча
вдвоє пе
кривою.

Різ
пульсом
в даній

При
ється по
підключ
гий, під
ремикач

Ми
1000 гц.
мала ча
близько
імпульси
ваної на

При
ник (рис
і пропор
їх в ЕО

вище пр
Для
схему в
на вході

Для
пристрій
новлений
нераторів
туючих м

Схем
жиму ро
ління бе
імпульсів
лампи на
лічильни

нітний носій методами, що зводяться до попереднього збільшення частоти записуваної кривої.

В даному випадку з метою введення в ЕОМ ми розглянули два способи записування і відтворення низькочастотних безперервних кривих: метод частотної модуляції і метод часової імпульсної модуляції, здійснюваний за допомогою генератора пилоподібної напруги і схеми порівняння. Випробувавши ці способи, ми прийшли до висновку, що обидва вони можуть дати результати цілком задовільні для записування і відтворення фізіологічних характеристик, які є безперервними.

При записі методом часової імпульсної модуляції електрична напруга, пропорційна амплітудам записуваної характеристики (наприклад, електроенцефалограми) надходить після передпідсилювачів на схему порівняння, одночасно туди ж надходить лінійно змінювана напруга. В момент збігу напруг схема порівняння видає імпульс, який записується на магнітну стрічку; наступний збіг дає другий імпульс і т. д. Крім того, записуються імпульси початку лінійної розгортки, одержувані зі схеми порівняння періодичної пилоподібної (лінійно-змінюваної) напруги і постійної опорної напруги, що дорівнює напрузі початку розгортки. Ці імпульси записуються амплітудою, яка вдвоє перевищує амплітуду імпульсів збігу «пили» з перетворюваною кривою.

Різниця в часі між імпульсом початку лінійної розгортки та імпульсом збігу пропорційна величині напруги записуваної кривою в даній точці.

При зчитуванні такого запису в схемі ввідного пристрою відбувається поділ усіх записаних імпульсів на два канали. В один канал, підключений в ланцюг «1» тригера T_1 надходять усі імпульси, в другий, підключений до «0» T_1 — тільки імпульси більшої амплітуди. Перемикач ПРР при цьому встановлюється в положенні «безперервні».

Ми обрали частоту генератора лінійних напруг, яка дорівнює 1000 $\mu\text{с}$. При цьому кількість точок перетину за період кривої, яка мала частоту близько 10 $\mu\text{с}$, становитиме 100, тобто точність запису близько 1%. При методі частотної модуляції на стрічку записуються імпульси, інтервали між якими пропорційні амплітудам записуваної напруги.

При зчитуванні записаних імпульсів у ввідному пристрої лічильник (рисунк) підраховуватиме тривалість інтервалів між ними, отже, і пропорційні інтервалам ординати записаної кривої і вводитиме їх в ЕОМ. Схема пристрою працює при цьому так само, як описано вище при введенні дискретної імпульсації.

Для збереження тієї ж точності в 1% при підрахуванні інтервалів схему в цих режимах перемикають на генератор стандартної частоти на вході лічильника в 100 кГц .

Для здійснення необхідних перемикань, управління і сигналізації пристрій вводу обладнаний пультом управління. На цьому пульті встановлений перемикач роду роботи ПРР, який керує перемиканням генераторів стандартної частоти різних діапазонів і підключенням зчитуючих магнітних головок різних трактів запису тощо.

Схема пристрою вводу передбачає можливість автономного режиму роботи: налагодження або перевірку схеми з свого пульта управління без ЕОМ. Схема може бути перевірена в режимі поодиноких імпульсів від ключа, встановленого на пульті пристрою. Сигнальні лампи на пульті вказують положення всіх керуючих тригерів і тригерів лічильника, а також наявність напруг на схемі.

Конструктивно пристрій виконаний у вигляді шафи висотою 110 см і довжиною 100 см. В його правій половині розташовується плата з роз'ємами, в які вставляють стандартні електронні блочки схеми. Зліва — блоки живлення і магнітофон. На верхній кришці — пульт управління.

Пристрій вводу фізіологічних характеристик тепер діє разом з ЕОМ «Київ» [3]. З допомогою цього пристрою за методом, запропонованим М. В. Яровицьким, протягом 1963 р. провадився математичний аналіз фонові і викликані активності центральних нейронів кішки, записаної М. М. Преображенським у лабораторії загальної фізіології [4] і фонові активності нейронів зорової ділянки кори головного мозку кролика, записаної Р. Р. Великою у відділі неврології і нейрофізіології. Для аналізу використовується кілька записів від однієї клітини. Для кожного запису підраховують окремо для ділянок фонові і викликані активності розподілу тимчасових інтервалів між: а) послідовними поодинокими імпульсами, б) групами імпульсів, в) імпульсами всередині групи, а також встановлюють розподіл кількості імпульсів в групі. Крім того, машина підраховує зміну в часі частоти (кількості імпульсів на секунду), імпульсної активності і відповідь клітини на вплив, виділену з усіх записів у сукупності.

Попередні дослідження показали, що таким методом можна домогтися чіткого виділення відповіді на подразнення, а також що розподіл інтервалів між імпульсами містить інформацію про застосування впливу і може служити для оцінки відповіді клітини [6].

Найближчим часом описаний пристрій буде використаний для введення в ЕОМ електроенцефалограм для підрахування кореляційних функцій і спектральних характеристик.

Автори вважають своїм прийємним обов'язком висловити вдячність проф. П. Г. Костюку за консультацію, допомогу при розробці ввідного пристрою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Костюк П. Г., Электрофизиологическая характеристика отдельных нейронов спинного мозга, Физиол. журн. СССР, 46, 1960, 19.
2. Кожевников В. А., Мещерский Р. М., Современ. методы анализа электроэнцефалограмм, Госмедиздат, 1963.
3. Дашевский Л. Н., Погребинский С. Б., Шкабара Е. А., Электронная вычислительная машина «Київ», Гостехиздат, 1964.
4. Преображенский Н. Н., Яровицкий Н. В., Применение математ. методов для исследования импульсной активности центральных нейронов мозга, Биофизика, № 3, 1963.
5. Яровицкий М. В., Алгоритм аналізу імпульсної активності нейронів за допомогою електронної обчислювальної машини, Физиол. журн. АН УРСР, т. X, № 3, 1964.

Надійшла до редакції
29.XII 1963 р.

Уни

Матем
тельность
го экспери

Приме
лительных
в электрон
или клини
из-за отсут

Универ
в ЭВМ пре
машину им
потенциало

Электр
теристик с

В течен
вычислитель
Н. В. Ярови
нов, записа
время пред

Univers

Cybernetic grou

Mathema
vital activity
tal and clinic

Quick-res
tensively emp
logical experi
matter becaus

The univ
signed for bi
tivity of vari
gical characte

The elect
characteristics

During 19
machine with
the impulse a
5]. Analysis o
future.

Универсальное устройство ввода физиологических характеристик в электронно-вычислительную машину

Е. А. Шкабара, Ю. С. Рубашов

Группа кибернетики Института физиологии им. А. А. Богомольца
Академии наук УССР, Киев

Резюме

Математический анализ физиологических характеристик жизнедеятельности организма становится неотъемлемой частью физиологического эксперимента и клинического исследования.

Применение для этой цели быстродействующих электронных вычислительных машин получает все большее распространение. Однако ввод в электронную машину результатов физиологического эксперимента или клинических наблюдений представляется еще затруднительным из-за отсутствия необходимых для этого устройств ввода.

Универсальное устройство ввода физиологических характеристик в ЭВМ предназначено для преобразования в двоичный код и ввода в машину импульсной активности отдельных нейронов и непрерывных потенциалов различных физиологических характеристик.

Электронная часть устройства обеспечивает точность ввода характеристик с ошибкой, не превышающей 1—2%.

В течение 1963 г. при помощи этого устройства на электронно-вычислительной машине «Киев» по алгоритму, разработанному Н. В. Яровицким, производился анализ импульсной активности нейронов, записанный при помощи микроэлектродов [4, 5]. В ближайшее время предполагается производить анализ электроэнцефалограмм.

Universal Device for Input of Physiological Characteristics into an Electronic Computing Machine

E. A. Shkabara and Y. S. Rubashov

Cybernetic group of the A. A. Bogomoletz Institute of Physiology of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Kiev

Summary

Mathematical analysis of the physiological characteristics of the vital activity of the organism is becoming an integral part of experimental and clinical investigations.

Quick-response electronic computers are being more and more extensively employed for this purpose. The input of the results of physiological experiments or clinical observations, however, is still a difficult matter because of the lack of the necessary input device.

The universal input device for physiological characteristics is designed for binary coding and input into the machine of the impulse activity of various neurons and continuous potentials of various physiological characteristics.

The electrotonic part of the device ensures accuracy of the input of characteristics with an error not exceeding 1—2 p. c.

During 1963 this device was used on a «Kiev» electronic computing machine with an algorithm worked out by N. V. Yarovitsky to analyse the impulse activity of neurons recorded by means of microelectrodes [4, 5]. Analysis of electroencephalograms is to be carried out in the near future.