

О.А. Янковський¹, Д.О. Янковська¹, Д.І. Маракушин²

¹ Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

² Харківський національний медичний університет, Харків

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕНСО-МОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ

В статье рассмотрена микроконтроллерная система для контроля координации движения рук пациента при различных заболеваниях нервной системы, приводящих к нарушениям моторики рук. Данная система может использоваться как при диагностике, так и на различных этапах лечения таких болезней, как апраксия, болезнь Паркинсона и т.п. Предлагаемая система имеет невысокую сложность и возможности для расширения ее функциональных возможностей.

Ключевые слова: микроконтроллер, сигнал, реакция, координация, диагностика.

Вступ

Одним из перспективных направлений в изучении функционального состояния организма является исследование характеристик сенсомоторных реакций [1,3-5]. В этой связи представляется актуальным определение изменений сенсомоторной деятельности у пациентов с различными заболеваниями нервной системы. Многие психофизиологические характеристики, используемые для профессионального отбора сотрудников для выполнения работ различного вида сложности, могут быть использованы для ранней доклинической диагностики неврологических расстройств [2].

К числу методов, позволяющих оперативно оценить многие психофизиологические характеристики человека, относятся исследование времени сенсомоторной реакции (простой и сложной),

Простая сенсомоторная реакция проявляется наиболее быстрым заранее известным простым одиночным движением (например, нажатие кнопки по сигналу). Время от момента появления раздражителя до начала движения называется латентным временем реакции. Скоростью простой реакции является типичное (среднее) для данного человека в данных условиях латентное время его реакций. Она зависит от направленности (установки) внимания на восприятие сигнала (сенсорная реакция) или на движение (моторная реакция).

Сложная сенсомоторная реакция. Пациенту надо из нескольких кнопок выбрать только одну, которую следует нажать на определенный сигнал. Сложные реакции протекают медленнее простых, так как здесь существенно влияние состояния внимания, памяти и эмоционального состояния испытуемого.

Процессы сенсомоторной координации являются наиболее сложными и типичными для трудовой деятельности человека. В различных професси-

ях человеку часто одновременно требуется следить за различными приборами (сенсорное поле рабочего места) и воздействовать трудовыми движениями на орудие производства, т.е. ту часть рабочего места, где располагаются рычаги машины, кнопки (моторное поле рабочего места).

Сенсомоторная координация является двигательным навыком. На первых этапах обучения сенсомоторная координация заменяется цепью отдельных сенсорных реакций, каждая из которых имеет свое начало и конец. В дальнейшем отдельные реакции объединяются в гибкую пластичную систему сенсорных коррекций выполняемого движения.

Время реакции состоит из латентного и моторного периодов. Латентный период (ЛП), в свою очередь имеет несколько составляющих: время возбуждения рецептора, передачи сигнала от периферии к центру по афферентным путям, переработки информации в центральной нервной системе (ЦНС), принятия решения о реагировании, посылки команды к исполнительным органам (эффекторам) и развития возбуждения в эффлекторах. Полученный в результате усреднения ЛП показатель сенсорной быстроты оценивает быстроту нервно-психических процессов и является косвенным показателем лабильности нервной системы.

Моторный период (МП) – время выполнения движения, складывающееся из времени возбуждения мышц, преодоления инерционных сил покоя тела и руки, времени пространственной реакции в ЦНС (времени переноса руки со «стартовой» клавиши на «финишную»). Полученный в результате усреднения МП показатель моторной быстроты оценивает скорость сокращения мышц (работы эффекторов и мышечных волокон). Это время складывается из времени согласования силовых, скоростных и пространственных (в соответствии с расстоянием между «стартовой» и «финишной» кнопками и их размерами) параметров движения.

При измерении сложной сенсомоторной реакции (ССР) также регистрируются: ВР, ЛП и МП. В реакции выбора (ССР) в сравнении с простой сенсомоторной реакцией (ПСП) испытуемый должен не только определить наличие или отсутствие сигнала, но и оценить, какой из трёх возможных сигналов поступил, и выбрать один из вариантов двигательного ответа.

Связь представлений о движении с его выполнением происходит через идиомоторные процессы. Идеомоторные акты иногда понимаются только как произвольные движения, автоматически возникающие вслед за представлением о нем. Однако, в практике более важное значение имеет более широкое понимание проблемы идеомоторики. В физиологическом плане — это проблема связи второй сигнальной системы с двигательным анализатором; в психологическом плане — это проблемы сознательности овладения двигательными навыками и самоконтроля над движениями. Электрофизиологическими исследованиями было доказано, что двигательные представления также всегда сопровождаются микросокращениями соответствующих мышц.

Исследование скорости сенсомоторной реакции является наиболее предпочтительным как наиболее информативное и не требующее применения дорогостоящих узкоспециализированных аппаратных систем [6,7].

Предлагаемая нами методика определения времени сложной зрительно-моторной реакции предназначена для оценки подвижности, силы и уравновешенности нервных процессов в ЦНС, что может быть использовано в качестве дополнительного критерия для ранней диагностики двигательных расстройств, характеризующихся возникновением нарушения произвольных целенаправленных движений (апраксия, болезнь Паркинсона и др.). Отсутствие этих научных данных и предопределило проведение нашего исследования, целью которого явилось определение времени сложной зрительно-моторной реакции на примере больных, страдающих апраксией.

Апраксия – это одно из патологических состояний в неврологии, которое проявляется нарушением произвольных целенаправленных действий, возникающее при поражении мозолистого тела и коры головного мозга.

Социальная значимость: апраксия приводит к снижению качества жизни пациента; невозможности самообслуживания; таким пациентам необходим постоянный уход;

При повторении одних и тех же реакций степень их скорости и точности может в одних случаях изменяться очень мало, а в других значительно сильнее. Это характеризует еще одно качество реакций — степень их постоянства или их вариативность.

Обычно больному с апраксией предъявляют ряд заданий по выполнению серий последовательных движений, воспроизведению позы рук исследователя. Далее исследуют способность подражать чужим движениям: погрозить пальцем или кулаком, коснуться тем или иным пальцем различных предметов.

Необходимо исследовать способность действовать не только одной рукой, но и обеими руками.

Оценка действий пациента при таких методиках является очень субъективной, зависит от квалификации врача. Особенно сложными являются такие методики для детей различного возраста.

Цель статьи – описание электронного устройства для определения времени сложной зрительно-моторной реакции, разработанного и изготовленного в рамках договора о сотрудничестве между Харьковским национальным медицинским университетом и кафедрой ЭВМ Харьковского национального университета радиозлектроники.

Практические результаты

Для улучшения процедур контроля состояния пациента как для диагностики, так и на различных этапах лечения, а также для сохранения результатов исследований предлагается микроконтроллерная система, структура которой показана на рис.1.

Система состоит из рабочей панели и компьютера – настольного или ноутбука.

Рабочая панель используется для контроля движений рук пациента. Она представляет собой корпус из пластика размером 40x30x5 см. На верхней стороне рабочей панели размещены кнопки с подсветкой (рис.2). Подсветка реализована при помощи трехцветных светодиодов, благодаря чему можно реализовать подсветку кнопок не менее чем 6 различными цветами.

Устройство управления включает подсветку различными цветами кнопок на рабочей панели и производит измерение интервала времени между включением светодиода и моментом нажатия на соответствующую кнопку. Очередность включения подсветки кнопок определяется несколькими способами: программным обеспечением, установленном на компьютере, шаблонами, записанными в память микроконтроллера.

Предполагается изменение частоты включения светодиодов в диапазоне от 0,1 Гц до 10 Гц (границы диапазона можно изменять). Также можно изменять количество включений светодиодов в одном цикле измерений.

Предусмотрена возможность выбора цвета излучения светодиода – цвет выбирается комбинацией кнопок трех цветов (если нажаты все три кнопки, то цвет может изменяться произвольно в процессе всего цикла исследования).

При правильном нажатии на кнопку раздается звуковой сигнал (который можно отключать).

Устройство управления реализовано на микроконтроллере ATmega16A-PU и небольшом количестве цифровых КМОП микросхем.

Рабочая панель имеет индикатор, на котором отображается информация перед началом работы, (например, ввод длительности цикла) и количество правильных нажатий.

Устройство управления подключается к USB порту компьютера через модуль FT232 USB UART Board (Type A).

Внутри корпуса рабочей панели находится и источник питания.

Рабочая панель может работать и без компьютера (выбор режима работы – автономный или управление от компьютера определяется переключателем на рабочей панели).

При автономном режиме работы порядок включения подсветки определенных кнопок определяется шаблонами, записанными в память микроконтроллера. Информация о количестве правильных нажатий отображается на индикаторе рабочей панели.

При выборе режима работы от компьютера, врачу предоставляются более широкие возможности по анализу сенсомоторных реакций пациентов.

Для этого рабочее окно компьютерной программы содержит изображение кнопок рабочей панели и врач может самостоятельно выбрать очередность включения подсветки кнопок, их цвет. Выбранная последовательность может быть сохранена для дальнейшего использования. Результаты исследований пациента, которые программное обеспече-

ние через модуль связи с компьютером получает от устройства управления, заносятся в его учетную запись, отображаются на экране компьютера и могут быть сохранены в виде файла.

Данные на каждого пациента можно просмотреть на компьютере в виде таблицы с датами и результатами исследований, а также в виде графика. Это позволяет оценивать процесс диагностики и лечения.

Информация о результатах исследований можно передавать через местную сеть или интернет на другие компьютеры.

Предлагаемая система обладает широкими возможностями по контролю состояния сенсомоторной реакции пациента, поскольку ему можно предложить нажимать на кнопки любым пальцем любой руки, или поочередно различными пальцами обеих рук.

Информация о результатах исследований можно передавать через местную сеть или интернет в компьютер врача.

Висновки

Предлагаемая система позволит облегчить оценку действий пациента путем измерения времени реакции и точности движений, при этом исключается фактор субъективности. Функциональные возможности системы можно расширить изменением размера и формы рабочей панели. Также можно сделать рабочую панель с изменяемым цветом участка, на котором расположены кнопки. Кроме этого, работа с данной системой возможна и без врача, при этом все результаты сохраняются в компьютере.



Рис. 1. Структура системы для определения времени сложной зрительно-моторной реакции

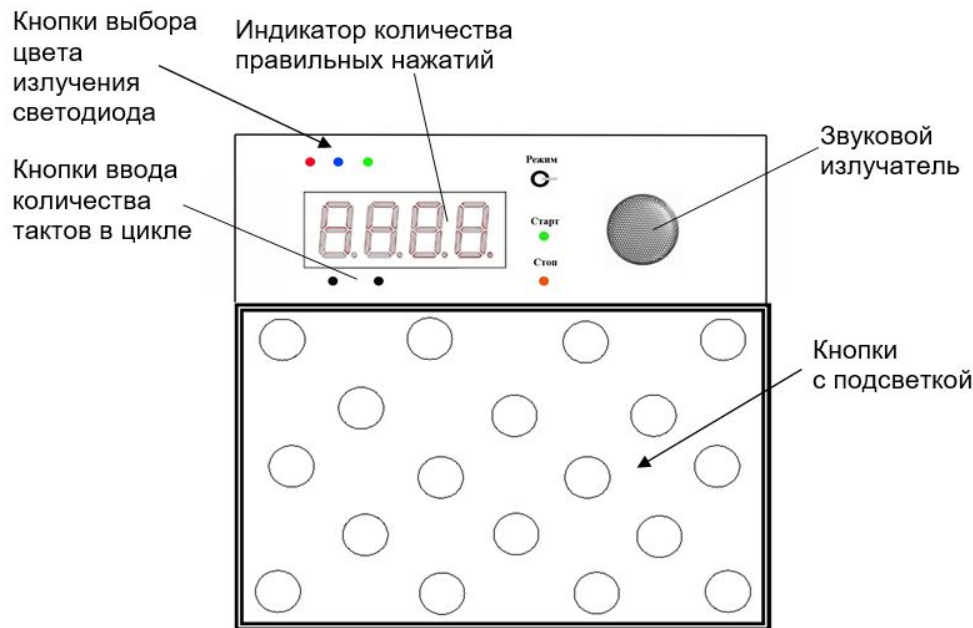


Рис. 2. Внешний вид Рабочей панели

Дальнейшая модернизация системы позволит отражать результаты исследований на планшет или смартфон.

Список літератури

1. Фаина, Г.В. Диагностика и коррекция задержки психического развития детей старшего дошкольного возраста: Учебно-методическое пособие / Г.В. Фаина. — Балашов: «Николаев», 2004. — 68 с.
2. Богданов В.Б., Горго Ю.П. Часова динаміка латентних періодів простої зорово-моторної реакції // Вісник Київського національного Університету імені Тараса Шевченка, серія Біологія. — 2004. — Випуск 41. — С. 135-137.
3. Давыдовский А.Г., Ел-Грейд М., Яшин К.Д. и др. Программный комплекс для клинического мониторинга неврологических расстройств // Фундаментальные исследования. — 2013. — № 10-5. — С. 968-972.
4. Ендриховский С.Н., Шамишинова А.М., Соколов Е.Н. Время сенсомоторной реакции человека в современных психофизических исследованиях // Сенсор. сист. - 1996. - Т. 10, № 2. - С. 13.
5. Зайцев А.В. Возрастная динамика времени реакции на зрительные стимулы / А.В. Зайцев, В.И. Лупандин, О.Е. Сурнина // Физиология человека. — 1999. — Т. 25, № 6. — С. 34–36.
6. Ильин Е.П. Психомоторная организация человека. - СПб., 2003. - 384 с.
7. Кочина М.Л., Фирсов А.Г. Многофункциональный прибор для проведения психофизиологических исследований // Прикладная радиоэлектроника: науч.-техн. журнал. — 2010. Том 9, №2. — С. 260-265.
8. Фейгенберг И.М. Быстрота моторной реакции и вероятностное прогнозирование // Физиология человека. 2008. Т. 34, № 5. С. 51–62.
9. Трамперт В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR-микроконтроллеров: — К.: "МК-Пресс", 2006. — 208 с.

Надійшла до редколегії 15.02.2018

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К.С. Смеляков, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

МІКРОКОНТРОЛЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СЕНСО-МОТОРНИХ РЕАКЦІЙ

О.А. Янковський, Д.О. Янковська, Д.І. Маракушин

В статті розглянута мікроконтролерна система для контролю координації руху рук пацієнта при різних захворюваннях нервової системи, рук, що призводять до порушень моторики. Дана система може використовуватися як при діагностиці, так і на різних етапах лікування таких хвороб, як апраксія, хвороба Паркінсона і тому подібне. Пропонована система має невисоку складність і можливості для розширення її функціональних можливостей.

Ключові слова: мікроконтролер, сигнал, реакція, координація, діагностика.

MICROCONTROLLER SYSTEM FOR RESEARCH OF SENSO-MOTOR REACTIONS

O.A. Yankovsky, D.O. Yankovska, D.I. Marakushin

The article considers a microcontroller system for controlling the coordination of the patient's hands during various diseases of the nervous system, leading to violations of the motor skills of the hands. this system can be used both in diagnosis and at various stages of treatment of diseases such as paraxial, Parkinson's disease, and the like. the proposed system has a low complexity and scope for expanding its functionality.

Keywords: microcontroller, signal, reaction, coordination, diagnostics.