

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 621.317+612.8

РЕГИСТРАЦИЯ РЕФЛЕКСА ИСПУГА

© 2023 г. В. О. Молодцов^{a,b}, В. Ю. Смирнов^{a,c},
С. Д. Солнушкин^a, В. Н. Чихман^a

Поступила в редакцию 25.11.2022 г.

После доработки 10.12.2022 г.

Принята к публикации 16.01.2023 г.

DOI: 10.31857/S0032816223030242, EDN: CWRFWW

Одной из методик экспериментальных физиологических исследований является регистрация поведения лабораторных животных в ответ на тревожный, в частности звуковой, раздражитель (Acoustic Startle Reflex – ASR) [1, 2]. Вздрагивание или замирание экспериментального животного как реакция на акустический сигнал регистрируется при исследовании нейронных механизмов обработки сенсомоторной информации. Реализация количественной оценки этой реакции предоставляет дополнительные возможности экспериментаторам для выяснения нейронной основы поведенческой пластичности, понимания неврологических заболеваний человека.

Работы по измерению рефлекса испуга известны давно [1]. Рефлекс измеряется с помощью электромиографии и визуализации головного мозга с помощью позитронно-электронной томографии. В последние годы разрабатывались компьютеризированные устройства, например система производства фирмы Med Associates Inc (USA) или комплекс производства группы компаний “Виварий” (Белгород, Россия), использующие для регистрации вздрагивания в качестве датчиков акселерометры. Однако эти комплексы характеризуются сложностью и высокой стоимостью.

Нами разработано относительно простое устройство MD308 и написана программа для количественной оценки ASR на базе персонального компьютера с операционной системой Windows. Экспериментальная установка представляет собой клетку, в которую помещается лабораторное животное (белые крысы). Пол клетки выполнен в виде пластиковой платформы, устанавливаемой на четыре опоры из поролона, опирающиеся в свою очередь на четыре пьезодатчика (типа MakerHawk Analog Ceramic Piezo Vibration Sensor),

размещенные в днище клетки. В верхней части клетки установлен акустический динамик для подачи звукового раздражителя, а под днищем – электронное устройство MD308 (рис. 1). Устройство MD308 выполнено на основе микроконтроллера (D_1) STM32L053C8T6 (STM, Switzerland), обеспечивающего передачу выходных кодов аналого-цифрового преобразователя (Analog-to-Digital Converters – ADC) в компьютер в соответствии с протоколом интерфейса USB. Выходы пьезодатчиков (AIN0–AIN3) через разъем X3, делитель напряжения и емкость, образующие фильтр низкой частоты, подключены к входам ADC микроконтроллера. Одновременное с сигналами от пьезодатчиков измерение аудиосигнала обеспечивает временную привязку для дальнейшей обработки регистрируемых данных. Формируемый компьютером звуковой сигнал подключен к ADC через разъем X5 и фильтр высокой частоты со смещением сигнала к середине диапазона, чтобы преобразовать биполярный сигнал в униполярный.

Устройство с частотой 1 кГц измеряет напряжение на входах от датчиков (ADC IN0–ADC IN3) и от аудиовхода (ADC IN4), т.е. по пяти каналам, формирует пакеты из шести таких измерений (30 значений по 16 бит = 60 байт) и отправляет их в USB. Диапазон дискретизации от 0 до 2047. При частоте дискретизации 1000 Гц пакеты поступают в компьютер каждые 6 мс. Данная частота дискретизации вполне достаточна, так как латентное время реакции вздрагивания составляет порядка 50–300 мс [3].

MD 308 представляет собой USB Custom HID устройство (для Windows это стандартный класс USB-устройств, не требующих драйверов), обмен данными с которым осуществляется путем отправки и получения отчетов (HID_Reports) в режиме запрос–ответ. Устройство открывается по имени “MD308”. Микроконтроллер при старте подключается по протоколу USB к компьютеру и выполняет выдачу данных дискретизации сигналов. Выдача осуществляется порциями по 60 байт

^aИнститут физиологии им. И.П. Павлова РАН, Россия, Ленинградская обл., село Павлово.

^bСанкт-Петербургский государственный электротехнический университет, Россия, Санкт-Петербург.

^cНаучно-технический центр “Радиационная экология” (НТЦ “РАДЭК”), Россия, Санкт-Петербург.

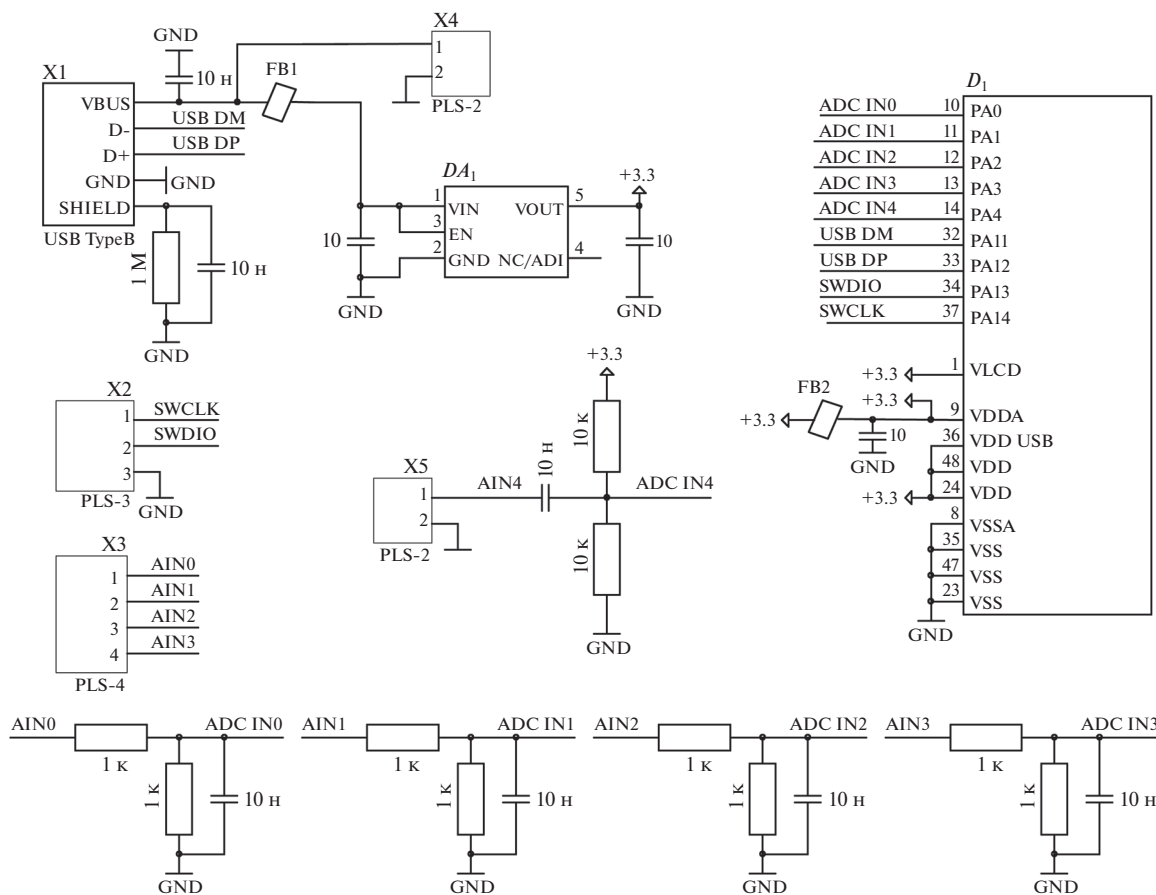


Рис. 1. Принципиальная схема устройства MD308. X1 – разъем для связи с USB; X2 – технологический разъем для программирования микроконтроллера; X3 – разъем для связи с пьезодатчиками, X4 – разъем для питания усилителя звука; X5 – разъем для подачи на вход ADC звукового сигнала; D1 – микроконтроллер STM32L053C8T6; DA1 – линейный стабилизатор на +3.3 В для питания микроконтроллера.

(ID_Report – 0x03): 6 отсчетов по пяти каналам по 2 байта (канал 0 – первый отсчет, канал 1 – первый отсчет, ..., канал 4 – первый отсчет, далее – канал 0 – второй отсчет и т.д.).

Группировка результатов дискретизации по шести выходным значениям выбрана из соображения удобного обеспечения дальнейшего мониторинга данных на экране с учетом того, что в HID максимальная частота передачи пакетов 1 кГц, а размер одного пакета максимум 64 байта. Микрокод для функционирования микроконтроллера разработан на языке C++ в среде IAR Embedded Workbench for ARM (IAR, Sweden) с использованием библиотеки USB, созданной фирмой STM. Установка SMD-компонентов (конденсаторов, резисторов и др.) на схеме MD308 с соответствующими номинальными значениями выполнена, согласно апробированным схемотехническим решениям. Разработка схемы, проектирование и разводка печатной платы выполнены с помощью программных средств CAD ALTIUM DESIGNER (Altium Europe GmbH).

Программа обработки сигналов написана в среде Borland Delphi 7, использует библиотеку компонентов JEDI VCL с компонентом TjvHidDeviceController, реализующим доступ к HID совместимым USB-устройствам. Программа обеспечивает количественную регистрацию сигналов от четырех пьезодатчиков, формирование акустического сигнала с заданными параметрами (амплитуда, частота, длительность, количество звуковых стимулов), фиксацию времени начала стимула. Реализовано динамическое отображение процессов, их сохранение в базе данных.

Эксплуатация устройства MD308 в Институте физиологии им. И.П. Павлова РАН подтвердила эффективность его применения при невысоких затратах на изготовление.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при поддержке госпрограммы 47 ГП “Научно-технологическое развитие Российской Федерации” (2019–2030), тема 0134-2019-0005.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hoffman H.S., Fleshler M.* // American Journal of Psychology. 1964. V. 77. 307.
2. *Koch M.* // Progress in Neurobiology. 1999. V. 59. P. 107.
3. *Ramirez-Moreno D., Sejnowski T.* // Biol Cybern. 2012. V. 106 (3). P. 169.

Адрес для справок: Россия, 188680, Ленинградская обл., село Павлово, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН. E-mail: V_C_pavlinst@mail.ru