

## ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 621.317+612.8

### УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

© 2022 г. В. О. Молодцов, В. Ю. Смирнов,  
С. Д. Солнушкин, В. Н. Чихман

Поступила в редакцию 03.09.2021 г.

После доработки 08.09.2021 г.

Принята к публикации 10.09.2021 г.

DOI: 10.31857/S0032816222010189

В электрофизиологических экспериментах, проводимых на лабораторных животных (белые крысы), в частности при исследовании функциональных взаимоотношений коры головного мозга и внутренних органов с целью изучения механизмов висцеральной боли, наряду с регистрацией нейрональной активности возникает необходимость контроля параметров жизнедеятельности экспериментального животного. Известны комплексы регистрации биосигналов, например, PowerLab (ADInstruments ltd). Эти комплексы характеризуются избыточной сложностью и высокой стоимостью. Нами разработано устройство MD300, предназначенное для регистрации в ходе эксперимента показателей артериального давления и частоты дыхания анестезированной крысы. Принципиальная схема устройства представлена на рис. 1. Внешний 3D-вид платы устройства показан на рис. 2.

MD300 содержит два канала для регистрации сигналов, снимаемых с мостовых датчиков давления и подключаемых через разъемы RJ14 ( $X_3$ ,  $X_4$ ). Для регистрации артериального давления используется датчик MLT0670 (ADInstruments, Australia), а для регистрации дыхания – датчик MPX-53GP (Freescale Semiconductor, USA). Кроме регистрации входных сигналов давления MD300 обеспечивает выдачу импульса управления через разъем BNC ( $X_5$ ) для запуска специализированного электростимулятора A320 (World Precision Instruments, USA).

С целью качественного мониторинга показателей давления крови и дыхания в процессе эксперимента входные сигналы в устройстве дискретизируются одновременно с частотой 125 Гц. Для дискретизации сигналов в MD300 использован 8-канальный сигма-дельта аналого-цифровой преобразователь (а.ц.п.) ADS131M08 (Texas Instruments, USA) ( $DA_1$ ), имеющий набор коэффициентов усиления от 1 до 128 (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128), что обеспечивает работу с низкоуровневыми

датчиками, например, в нашем случае с MLT0670 с чувствительностью 16.5 мкВ/мм рт.ст. К тому же, наличие в каждом канале а.ц.п. ADS131M08 отдельного усилителя позволяет при дискретизации не переключаться между каналами (реализован режим Simultaneous sampling) и избежать временной задержки установки рабочего режима сигма-дельта-модулятора.

Для связи с компьютером MD300 представляет собой USB Custom HID устройство, обмен данными с которым осуществляется путем отправки и получения отчетов (HID\_Reports) в режиме запрос–ответ. Для операционной системы это стандартный класс USB-устройств, не требующих специальных драйверов.

Основным узлом устройства MD300 является микроконтроллер STM32F042F4 (STM, Switzerland) ( $D_1$ ), обеспечивающий передачу выходных кодов а.ц.п. в компьютер в соответствии с протоколом интерфейса USB. Устройство открывается по имени MD300.

Микроконтроллер при старте настраивает а.ц.п. в соответствии с протоколом SPI, по умолчанию выставляет коэффициент усиления 16, подключается по протоколу USB к компьютеру и выполняет с ним обмен данными.

Для обмена данными используются три HID\_Reports:

1) выдача импульса запуска стимулятора длительностью несколько микросекунд – два байта: первый байт ID\_Report (0x01), значение второго байта неважно;

2) настройка коэффициентов усиления каналов – три байта: первый байт ID\_Report (0x02), второй байт – номер канала (0x00 или 0x01), третий – значение параметра усиления (0–7), при этом коэффициент усиления канала определяется как 2 в степени, равной значению параметра;

3) выдача данных дискретизации сигналов в компьютер – 42 байта: первый байт ID\_Report



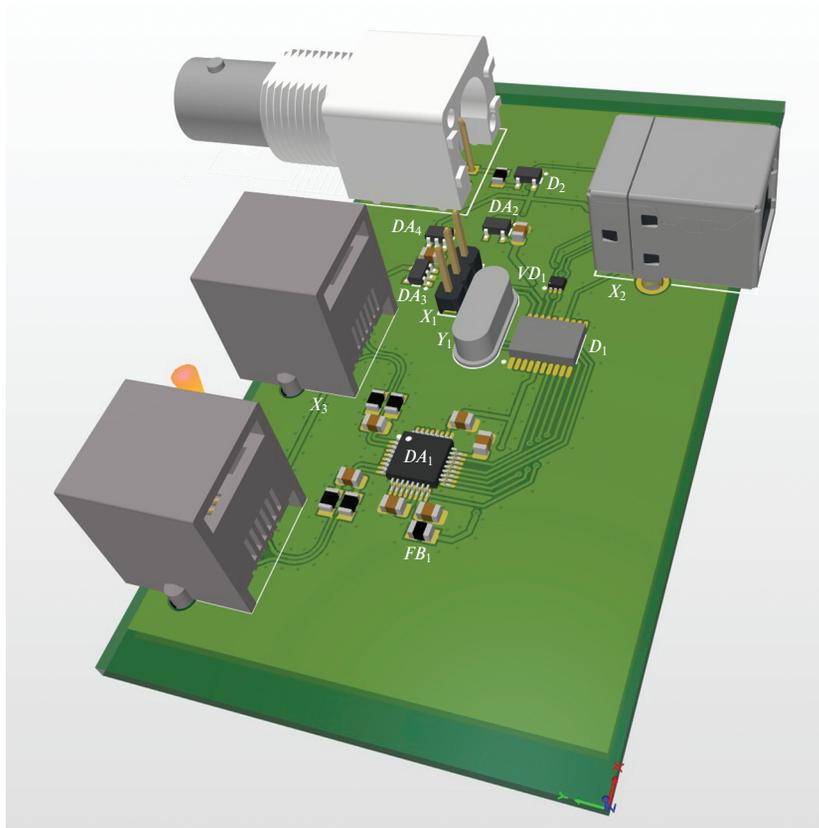


Рис. 2. Внешний 3D-вид платы устройства.

Установка SMD-компонентов (конденсаторы, резисторы и др.) на схеме MD300 с соответствующими номинальными значениями выполнена согласно известным апробированным схемотехническим решениям. Разработка схемы, проектирование и разводка печатной платы выполнены с помощью программных средств проектирования CAD ALTIUM DESIGNER (Altium Europe GmbH).

Программа обработки сигналов написана в среде Borland Delphi 7, использует библиотеку компонентов JEDI VCL с компонентом TjvHid-DeviceController, реализующим доступ к HID совместимым USB-устройствам. Эксплуатация

устройства MD300 в Институте физиологии им. И.П. Павлова РАН подтвердила эффективность его применение при невысоких затратах на изготовление.

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

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