

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 MPX53GP (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

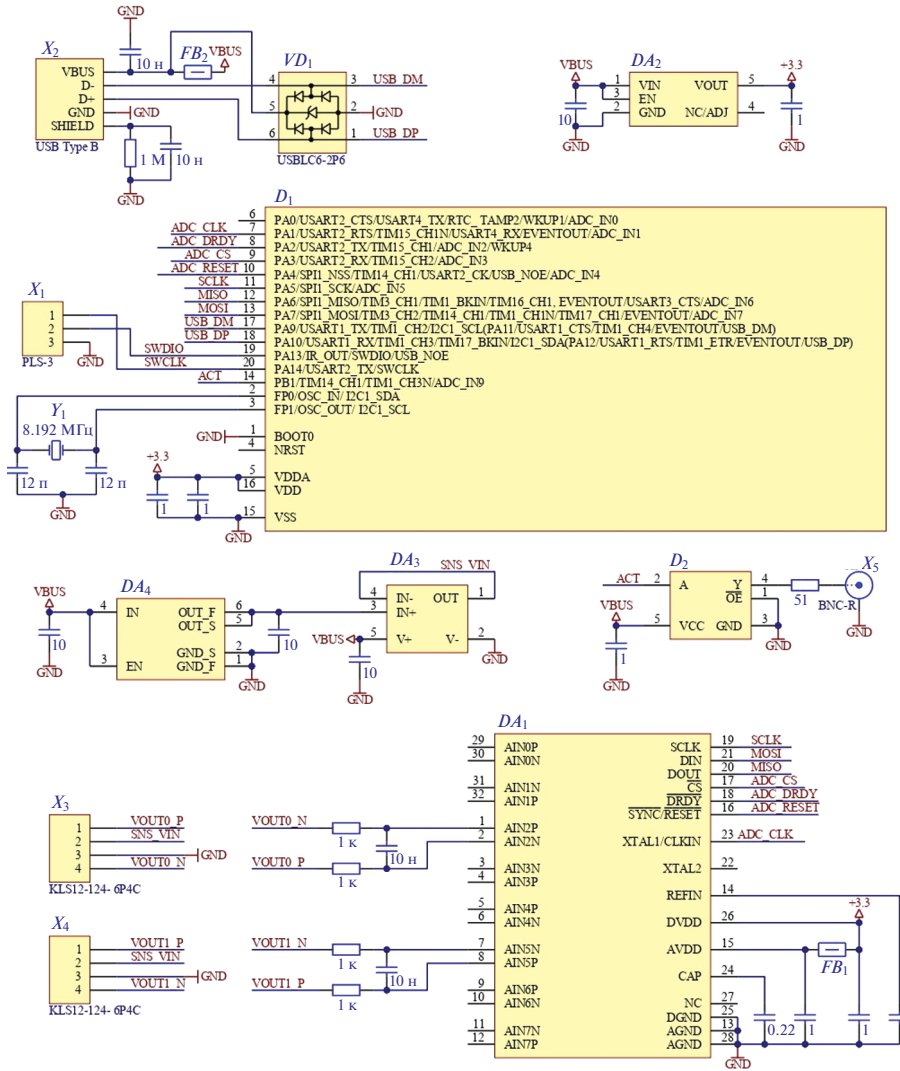


Рис. 1. Принципиальная схема устройства MD300. D_1 – STM32F042F4, D_2 – SN74AHCT1G125DBV; DA_1 – ADS131M08IPBS, DA_2 – TLV70233DBV, DA_3 – AD8605ART, DA_4 – REF34331DBVR; VD_1 – USBLC6-2P6; FB_1 , FB_2 – BLM21AG601SN1D (ферритовая бусина 600 Ом при 100 МГц).

(0x03), второй байт – установленные значения усиления каналов (младшая тетрада – 0-й канал, старшая – 1-й), далее 5 пар 32-разрядных значений дискретизации, каждое начиная с младшего байта.

Микроконтроллер собирает постоянно выдаваемые аналого-цифровым преобразователем данные в пакеты по 5 и передает в компьютер без запроса. Группировка выходных значений результатов дискретизации по 5 сделана 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 D_1 (STM32F042F4) разработан на языке

C++ в среде IAR Embedded Workbench for ARM (IAR, Sweden) с использованием библиотеки USB, созданной фирмой STM.

На принципиальной схеме MD300 также представлены:

- модуль подавления высоковольтных помех шины USB (разъем X_2) и защиты входов микроконтроллера – VD_1 (USBLC6-2P6);
- шинный буфер D_2 для формирования TTL-уровня сигнала запуска стимулятора;
- источник опорного напряжения DA_4 и буфер для выхода источника (DA_3) с учетом нагрузки мостовых датчиков давления – 9.29 мА и 9.48 мА;
- линейный стабилизатор DA_2 на +3.3 В для питания микроконтроллера и а.ц.п.

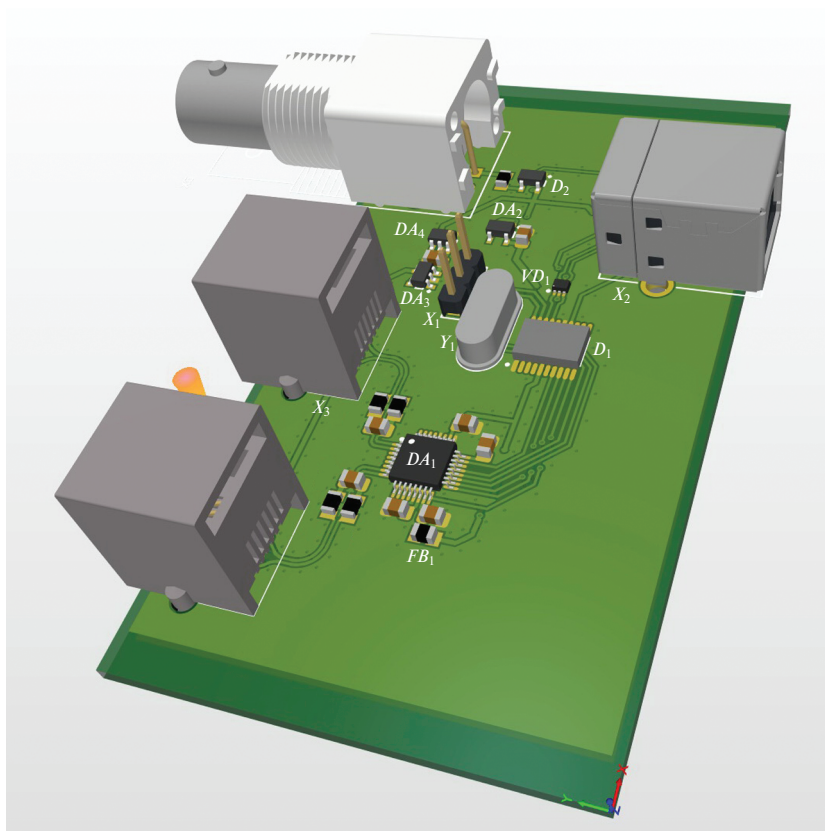


Рис. 2. Внешний 3D-вид платы устройства.

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