

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ «СИМ»

СИМ – сверхточный измерительный модуль, представляющий собой малогабаритный герметичный блок с внешними функциональными разъёмами. Главным его назначением является измерение и преобразование в цифровую форму с высоким отношением сигнал-шум постоянных, низкочастотных и импульсных сигналов напряжения при работе в широком диапазоне температур окружающей среды.

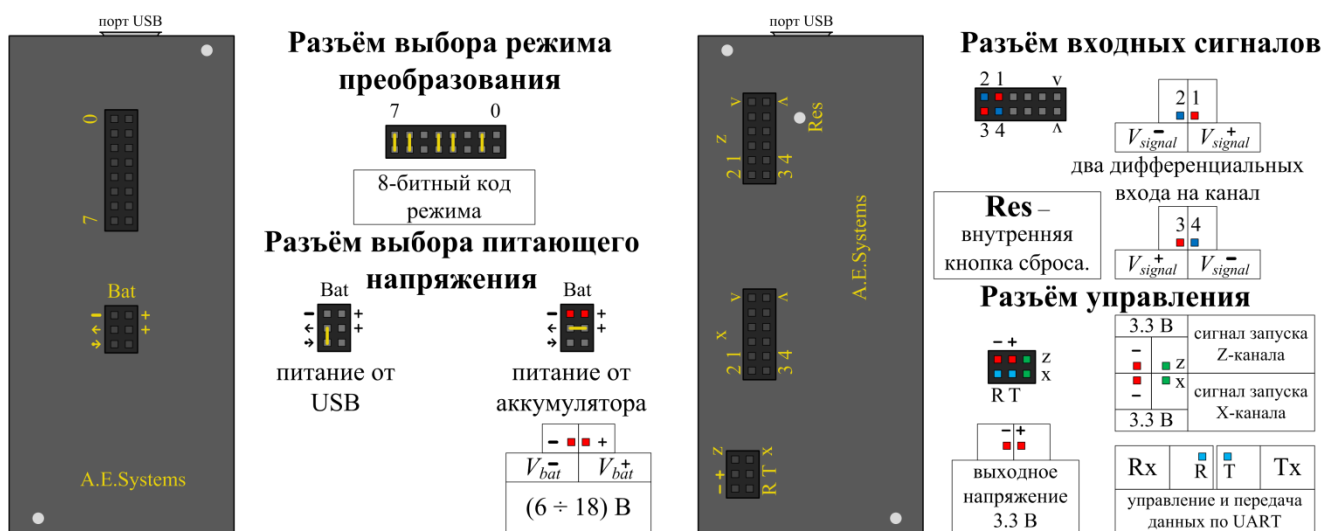
Целью проекта является создание нового сегмента измерительных устройств, в которых реализована максимальная функциональность модулей АЦП, эффективная конструкция для разработчиков собственных проектов на базе СИМ, высокая точность, сопоставимая с эталонными вольтметрами, предложение расширенной поддержки пользователей СИМ.

Мотивацией создания СИМ послужило отсутствие на рынке доступных технических средств измерения и анализа сигналов высокочувствительных детекторов, малошумящих электронных схем и систем с малым приращением выходного напряжения, обладающих при этом компактной конструкцией и возможностью перестройки алгоритмов работы для проведения научных исследований и создания прецизионных электронных устройств.

Концепция проекта состоит в предоставлении пользователю гибкого инструмента для решения своих технических задач и его всестороннюю поддержку. Во-первых, в СИМ отсутствуют встроенные каскады усиления, так как во многом использование того или иного типа усилителя является индивидуальным решением конкретного проекта, а высокая точность СИМ позволяет измерять выходные сигналы многих детекторов и схем напрямую с высоким отношением сигнал-шум. Под задачи корпоративных пользователей доступно изменение конструкции модуля и изготовление встраиваемых плат усиления, которые в дальнейшем дополняют линейку выпускаемой продукции по проекту. Во-вторых, СИМ позволяет измерять спектральную плотность шума, что является важным элементом определения оптимальной методики измерений на основе анализа выходных

сигналов с датчиков и электронных схем, подключаемых к модулю. В-третьих, в СИМ реализованы два порта ввода/вывода данных (USB и UART). Выбор алгоритма преобразования входных сигналов осуществляется с помощью разъёма на панели модуля, персонального компьютера или переносимых устройств, а также внешнего контроллера на усмотрение пользователя. Установка параметров преобразования (в каждом алгоритме заданы параметры по умолчанию) происходит с внешних устройств и на них же производится последующий вывод данных. В-четвертых, для всех пользователей СИМ доступна разработка персональной методики измерения и алгоритма преобразования данных в цифровую форму на протяжении всего времени эксплуатации модуля. Для этого необходимо будет сформировать техническое задание, а в дальнейшем планируется организовать автоматический режим, когда пользователь вносит соответствующие параметры на web-сайте и в ответ получает требуемый программный код для последующей прошивки своего СИМ, как и в случае обновлений кода. Дополнительно к этому, помимо гарантийных обязательств, предусмотрен обмен вышедших из строя по вине пользователя или постгарантийных модулей на новые образцы с умеренной доплатой, рассчитанной после установления масштабов поломки.

ПРОТОТИП СИМ

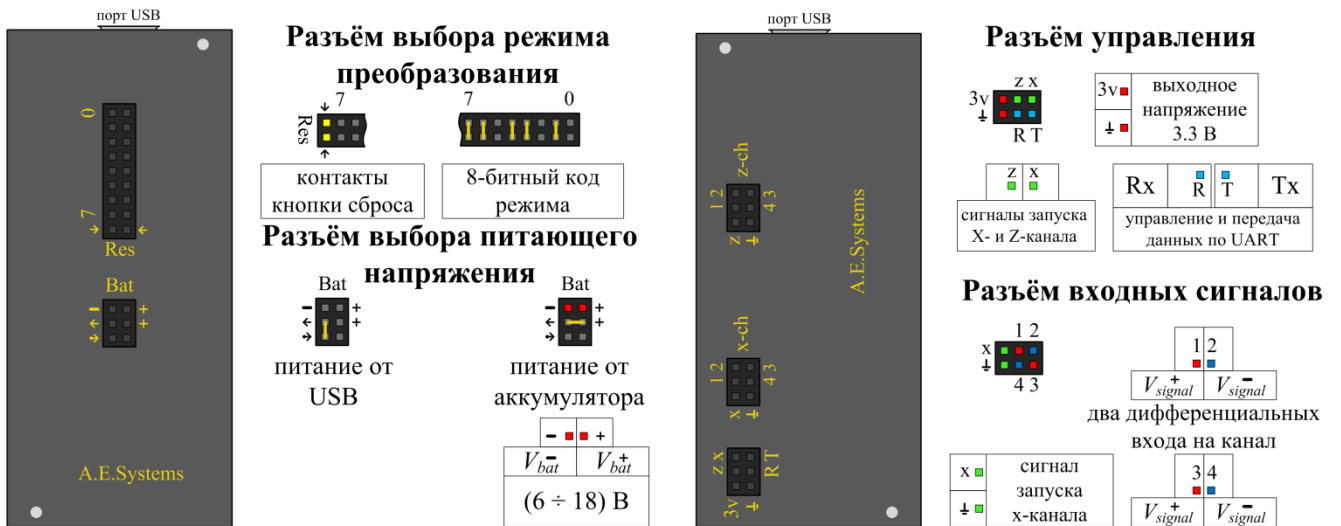


Готовность проекта находится на стадии **производства** и **предзаказа** СИМ. В настоящее время изготовлены и испытаны прототипы модулей, определены технические параметры СИМ, их функциональные возможности и элементная база. В ходе испытаний были выявлены необходимые доработки внутренней компоновки и внешних панелей модулей, отработана методика их настройки и калибровки, а также разработаны технологические этапы изготовления СИМ. На первоначальном этапе производства планируется выпуск трех модификаций СИМ. Их отличие состоит в марке используемых АЦП для каждого канала.

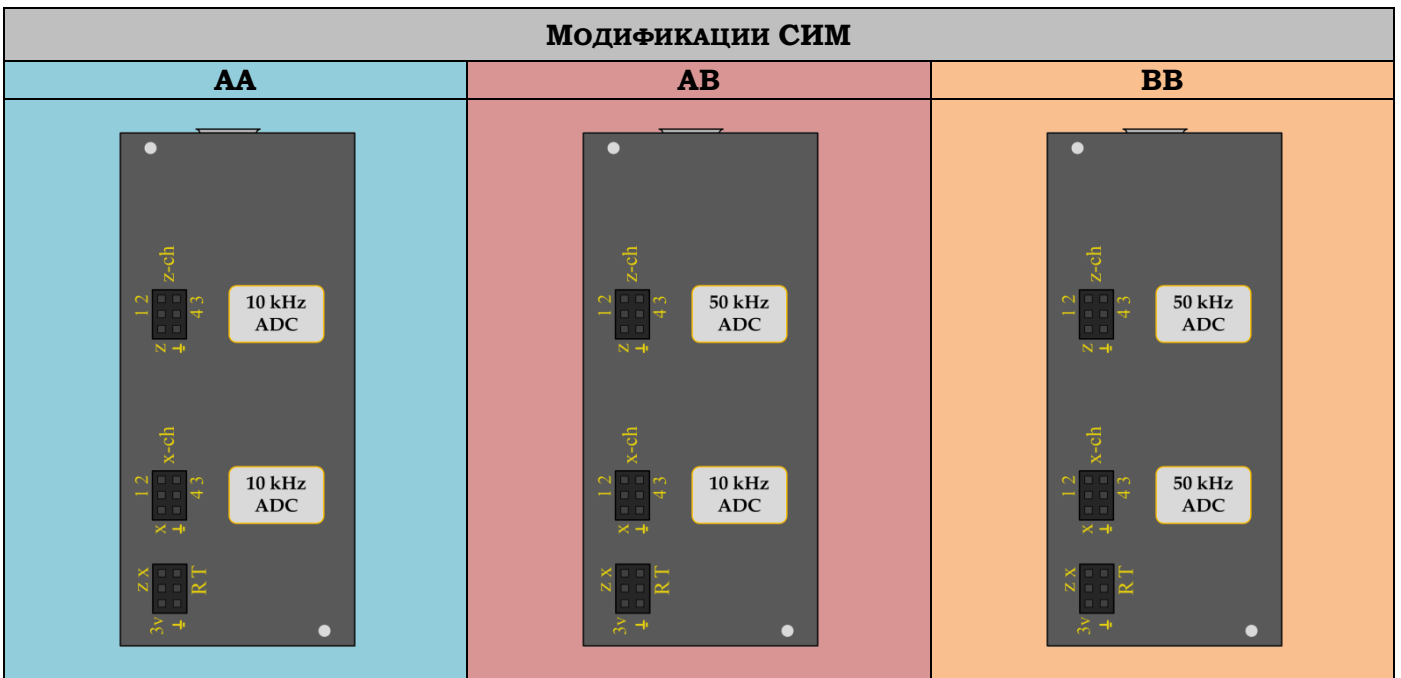
3D-ФОТО ПРОТОТИПА СИМ



СЕРИЙНЫЙ СИМ



МОДИФИКАЦИИ СИМ



СПЕЦИФИКАЦИЯ СИМ

Все характеристики гарантированы в диапазоне -20 °С ÷ +50 °С.

Входные характеристики СИМ:

Число каналов	2 канала (x и z)
Число входов на канал	2 дифференциальных аналоговых входа (1-2 и 3-4)
Разрядность данных	24-битные выходные данные
Порт ввода/вывода данных	USB (разъём на боковой панели) UART (Rx и Tx контакты на разъёме управления)
Максимальная частота (время) преобразования СИМ	10 кГц и/или 50 кГц (100 мкс и/или 20 мкс)
Устанавливаемая частота (время) преобразования СИМ	1 кГц, 100 Гц и 10 Гц (1 мс, 10 мс, и 100 мс – режим аппаратного усреднения измерений)
Диапазон входных напряжений	± 2 В _{пк-пк} (FSR – полный диапазон)
Предельное входное напряжение	$\pm 4,5$ В _{пк-пк}
Защита от перенапряжения входов	нет
Вход сигналов управления	2-контакта на разъёме управления (x и z: амплитуда сигналов 3,3 В)
Вход для ввода 8-битного кода режима преобразования	16-контактнов на разъёме выбора режима преобразования
Сигнал сброса	2-контакта на разъёме выбора режима преобразования (под кнопку)

Погрешность измерения СИМ:

Частота преобразования: 1 Гц	Постоянное входное напряжение: $\pm (4 \cdot 10^{-6} \times \text{значение} + 1 \text{ мкВ})$
Частота преобразования: 100 Гц (усреднение АЦП) 1 кГц (усреднение АЦП) 10 кГц 50 кГц	Низкочастотное и импульсное входное напряжение: $\pm (4 \cdot 10^{-6} \times \text{значение} + 4 \text{ мкВ})$ $\pm (4 \cdot 10^{-6} \times \text{значение} + 8 \text{ мкВ})$ $\pm (4 \cdot 10^{-6} \times \text{значение} + 12 \text{ мкВ})$ $\pm (4 \cdot 10^{-6} \times \text{значение} + 32 \text{ мкВ})$
Шумовое напряжение, приведенное к аналоговым входам СИМ	<p style="text-align: center;">Спектральная плотность шума (нВ/√Гц)</p> <p style="text-align: center;">Частота (Гц)</p> <p style="text-align: center;">10 кСПС - канал; 50 кСПС - канал.</p>
Период калибровки СИМ	1 года

Конструктивные характеристики СИМ:	
Вес	58 г.
Габаритные размеры СИМ	

Питание СИМ:	
Питающее напряжение	от 4,9 В до 5,5 В (USB разъём) от 6 В до 18 В (2-контакта на разъёме питания)
Источник выходного напряжения	2-контакта на разъёме управления (3,3 В; 100 мА)
Максимальная мощность потребления	0,62 Вт 0,95 Вт (с подключением нагрузки к источнику выходного напряжения)

Условия окружающей среды:	
Рабочая температура	от -20 °С до +50 °С
Температура хранения	от -40 °С до +85 °С
Относительная влажность	от 5 % до 95 %
Атмосферное давление	от 84 до 104 кПа
Степень защиты	IP67

Элементная база СИМ состоит из передовых компонентов ведущих полупроводниковых гигантов Analog Devices и Texas Instruments, приобретенных заранее в достаточном количестве для изготовления предзаказанных модулей. Контроллером управления в них выступает 32-битная плата Arduino IoT, что является компромиссным решением для работы с СИМ специалистов различного уровня квалификации. Плата контроллера имеет трёхосевой акселерометр и трёхосевой гироскоп на базе LSM6DS3, данные с которого могут быть считаны по заданному пользователем алгоритму. Контроллер может быть заменен для корпоративных пользователей. Блок герметичен и залит теплопроводящим компаундом, что позволяет СИМ оставаться работоспособным во многих критических для электроники условиях эксплуатации.



Пример регистрации напряжения (разряженного) аккумулятора 18650 (x-канал) и собственных шумов СИМ на закороченном входе модуля (z-канал) в режиме измерения постоянного напряжения. Отображение данных в Arduino Studio.



Результат измерения шумовых характеристик двух широкодиапазонных оптических детекторов (без использования каскадов усиления), уровень которых ниже собственных шумов модуля. Отображение данных в Arduino Studio.

Описание режимов преобразования СИМ: [Режимы СИМ.pdf](#)

В скором времени будет запущена **разработка собственного программного обеспечения** для передачи данных с СИМ на переносимые устройства и персональный компьютер.

Поставка предзаказов образцов СИМ планируется не позднее 1 года с момента предоплаты. В 2025 году будет запущена процедура сертификации модулей как средства измерения.

Производительность одной инженерной группы из 3-человек за 8-и часовую смену составляет 400 СИМ в месяц. Коллектив проекта в данный момент имеет в своём составе две инженерные группы.

Стоимость предзаказанных модулей составляет **59 тыс. руб.**, что на 20 % дешевле цены СИМ после старта рыночных продаж и получения свидетельства об утверждении типа средств измерений. Разработка индивидуальной методики измерений для пользователей предзаказанных СИМ будет входить в стоимость модуля. Корпоративным заказчикам предусмотрен персональный подход к модификации СИМ.

Руководителем проекта является Выборнов Павел Викторович. Имеет два высших образования: окончил ТУСУР в 2002 г. по специальности инженер аудиовизуальной техники и магистратуру НИ ТГУ в 2019 г. по специальности оптотехника. В 2017 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. Общий стаж работы в структуре РАН 21 год. Направлениями разработок и исследований являются оптикоэлектронные системы для климатических и экологических комплексов. Последние 7 лет занимался исследованием малошумящих широкодиапазонных детекторов и разработкой сверхточной измерительной электроники. В результате работы была создана и испытана прецизионная оптическая приемная система, чей измерительный блок и был взят за основу СИМ. Выборнов П.В. обладает высокими навыками технических разработок и радиомонтажных работ, имеет опыт проведения НИОКР и организации мелкосерийного производства электронных устройств.

Контактные данные:

тел.: +7(900)9237821;

e-mail: aesystems.ps@yandex.ru, aesystems.ps@gmail.ru,
info@a-e-systems.com, pavel.v@a-e-systems.com

**ПОДДЕРЖКА И РАЗВИТИЕ ПРОЕКТА ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ПРИ ПАРТНЕРСТВЕ
ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА ООО «ТР-АВТО».**