

### **ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ «СИМ»**

**СИМ** – сверхточный измерительный многофункциональный модуль, представляющий собой малогабаритный герметичный блок с внешними 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 специализированных измерительных устройств, в которых реализована максимальная функциональность модулей АЦП и высокая точность, сопоставимая с эталонными вольтметрами, а также предложение нового подхода к предпродажной и постпродажной поддержке пользователей СИМ.

**Мотивацией** разработки 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, выпуск специализированного аппаратного и системного программного обеспечения, изготовление встраиваемых плат усиления, которые в дальнейшем дополняют линейку выпускаемой продукции по проекту. Во-вторых, СИМ позволяет измерять спектральную плотность шума, что является важным

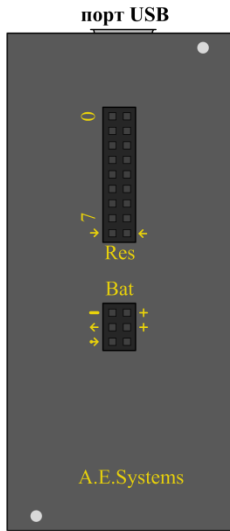
элементом определения оптимальной методики измерений на основе анализа выходных шумовых сигналов с датчиков и электронных схем, подключаемых к модулю. В-третьих, в СИМ реализованы два порта ввода/вывода данных (USB и UART). Выбор алгоритма преобразования входных сигналов осуществляется с помощью разъёма 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.

**Готовность проекта** находится на стадии **организации производства и предзаказа** СИМ по форме **краудфандинга** для частных пользователей, **контрактного изготовления** модулей для корпоративных клиентов. В настоящее время изготовлены и испытаны прототипы модулей, определены технические параметры, функциональные возможности и элементная база всей линейки моделей СИМ. 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 для частных пользователей планируется выпуск трех модификаций базовых моделей СИМ. Их отличие состоит в марке используемого АЦП для каждого канала.

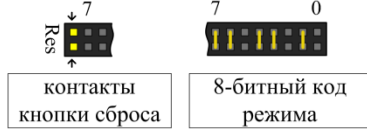
#### **ФОТО БАЗОВОЙ МОДЕЛИ СИМ**



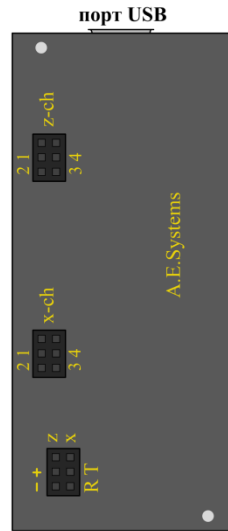
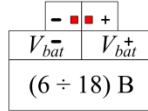
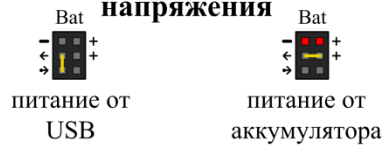
# БАЗОВАЯ МОДЕЛЬ СИМ



## Разъём выбора режима преобразования



## Разъём выбора питающего напряжения



## Разъём входных сигналов

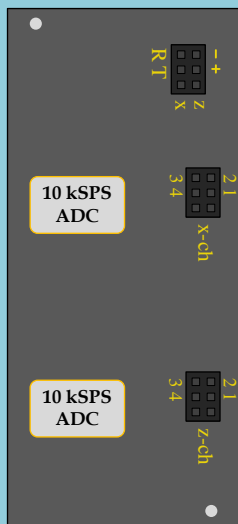


## Разъём управления

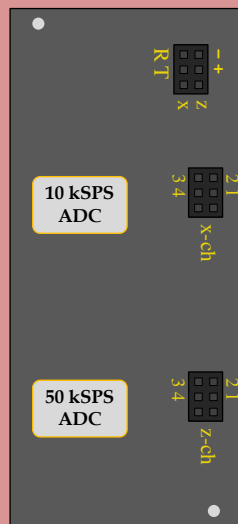


## МОДИФИКАЦИИ БАЗОВЫХ МОДЕЛЕЙ СИМ

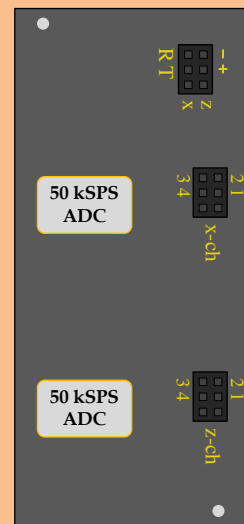
### AA



### AB



### BB



## СПЕЦИФИКАЦИЯ БАЗОВЫХ МОДЕЛЕЙ 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	$\pm 2 V_{\text{пк-пк}}$ (FSR – полный диапазон)
Предельное входное напряжение	$\pm 4,5 V_{\text{пк-пк}}$
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-контактных на разъёме выбора режима преобразования
Сигнал сброса	2-контакта на разъёме выбора режима преобразования (под кнопку)

### Погрешность СИМ для диапазона измерения 2 В:

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 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



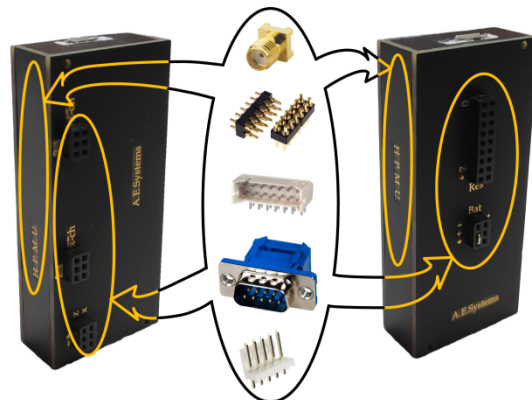
## КОРПОРАТИВНЫМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМ ДОСТУПНА МОДЕРНИЗАЦИЯ БАЗОВОЙ МОДЕЛИ СИМ

### По конструктивным параметрам:

- Смена базовых функциональных разъёмов
- Расположение функциональных разъёмов на боковых стенках
- Изменение конструкции и габаритов модуля

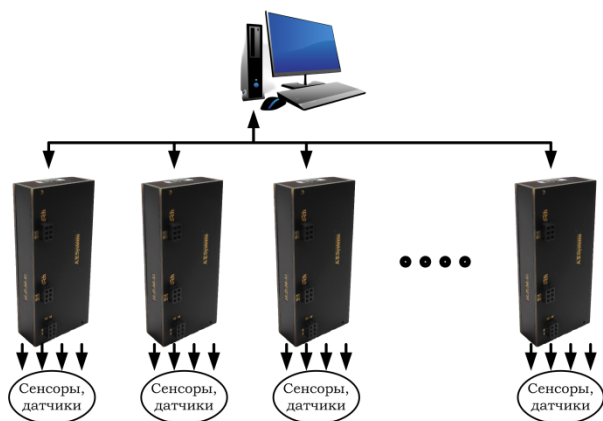
### По функциональным параметрам:

- Разработка внешних плат расширения
- Режим контроля позиционирования модуля в пространстве
- Разработка разветвленной системы контроля процессов на производстве и испытательных (лабораторных) стендах
- Разработка индивидуального аппаратного и системного ПО



### По техническим параметрам:

- Смена базового контроллера управления модуля
- Изменение диапазона измерения входных напряжений
- Изменение количества входов и каналов модуля
- Удвоение максимальной частоты преобразования канала
- Увеличение точности измерений входных напряжений в диапазоне  $\pm 2$  В для режимов 10 kSPS и 50 kSPS
- Увеличение тока источника выходного напряжения 3,3 В
- Увеличение температурного диапазона измерений



**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 или разработан 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.

СИМ совместим со многими программами для приема и передачи данных по Serial-порту при подключении к персональному компьютеру (ПК), а взаимодействие модуля с переносимыми устройствами (ПУ) осуществляется с помощью среды Arduino Studio. С выходом на серийное производство СИМ, будет запущена **разработка собственного программного обеспечения** для ПК и ПУ.

**Поставка предзаказов и рыночная продажа** серийных образцов СИМ планируется через три квартала с момента запуска предзаказов. Тогда же будет запущена процедура сертификации модулей как средства измерения. До этого времени необходимо будет оптимизировать программный код СИМ, технологический цикл производства, решить организационные вопросы.

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

**Стоимость** предзаказанного модуля для частных пользователей составляет **520÷590 \$** и до **820 \$** для корпоративных заказчиков в зависимости от степени модернизации СИМ. Разработка индивидуальной методики измерений для пользователей предзаказанных СИМ будет **входить в стоимость модуля**. Корпоративным заказчикам предусмотрен персональный подход к модернизации и ценообразованию СИМ, как и к разработке системного и аппаратного программного обеспечения.



**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 оплотехника. 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 занимается исследованием малошумящих широкодиапазонных детекторов ТГц, ИК диапазона и ионизирующего излучения, 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: pavel.v@a-e-systems.com

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