

Новейшие разработки в области медицинской электроники для борьбы с вирусом и не только

Андрей Кашкаров (ak35@yandex.ru)

Несколько инертно относительно начала пандемии, и тем не менее разработчики во всем мире ориентировали электронную промышленность на создание smart-масок для лица. Такие респираторы, с одной стороны, выполняют ту же функцию защиты от токсичных частиц, передающихся воздушно-капельным путем, но с другой – электронная начинка «умной маски» имеет диагностический потенциал, оперативность считывания данных и, в перспективе, другие широкие полезные возможности по измерению параметров, значимых для здоровья человека. В статье рассматривается перспективная разработка для применения в области медицины.

Современные носимые электронные устройства (мобильные устройства), устройства IoT и особенно медицинская техника, где время работы от элемента питания является критически важным параметром, благодаря разработчикам РЭА и «вызовам времени», таким как пандемия коронавируса, стремительно наращивают функциональные возможности. Поэтому предъявляются высокие требования к системам электропитания. Главный вызов сегодняшнего дня в медицинской индустрии и не только – максимально продлить срок службы порта-

тивного устройства от одной батареи. Мы будем говорить об этом на протяжении всей статьи. Она посвящена разработке американских коллег.

В электронном устройстве, представленном в начале 2022 года широкой общественности инженерами Северо-западного университета (Northwestern University) в г. Эванстон, штат Иллинойс, США, электронный датчик, встроенный в маску для лица, по частоте дыхания определяет сердечный ритм (пульс) и насыщенность кислородом – сатурацию. А также измеряет температуру, влажность, такой условный параметр, как «сила выдоха»: всё это диагностируется и фиксируется по времени. Аналитическая электронная схема основана на микропроцессоре и имеет настраиваемый уровень звуковой индикации, срабатывающей, если заданные параметры превысят условную норму. Перспективы в дальнейшей разработке устройства в оперативной – в режиме онлайн – передаче полученных и интерпретированных данных беспроводным способом на сервер, который удалённо контролирует медицинский квалифицированный работник с дипломом врача. С помощью удалённого сервера обеспечивается хранение информации длительное время, что позволяет отслеживать динамику развития болезни.

Таким образом, пандемия коронавируса «сформировала» идею удалённого медицинского контроля заражённого пациента, но рассматриваемый электронный способ уместен для контроля любого вирусного (простудного) заболевания, не только COVID-19, ставшего уже стигмой. Удалённый контроль с

помощью сего сенсорного устройства и интерпретация полученных данных позволяют своевременно оказывать медицинскую помощь, анализируя проблему адекватно состоянию пациента, часто ещё до того, как сам он субъективно почувствует дискомфорт или ухудшение состояния. В этом объективная реальность устройств электронной техники: они не обладают всеми преимуществами человеческого разума, но не имеют также ангажированности, в результате чего исключается человеческий фактор, который нередко имеет место в основе диагностической ошибки, в том числе в медицинской сфере. Поэтому изобретение американских коллег имеет огромные перспективы развития.

Новую интеллектуальную сенсорную платформу для лицевых масок назвали «Fitbit для лица», или, в оригинале, FaceBit. Лёгкий сенсорный биодатчик снабжён компактным магнитом диаметром 6,35 мм для крепления к любой тканевой или хирургической, а также технической (на манер респиратора против пыли) маске с металлической вставкой. Может быть легко демонтирован. На рис. 1 представлен вид тканевой маски с магнитом для крепления оригинального биодатчика FaceBit. На рис. 2 представлен вид с внутренней стороны маски на плату с датчиками. Вид платы с биодатчиками представлен на рис. 3.

Широкое применение в быту

Тем же научным сообществом разработано приложение для смартфона, которое считывает, идентифицирует и интерпретирует полученные данные в формат, удобный для визуального восприятия. Таким образом, с использованием приложения конструкция стала доступной и удобной для широкого бытового применения. Приложение в режиме реального времени предупредит (в зависимости от доступных на смартфоне настроек) владельца об изменении границ контролируемых параметров, среди которых анонсирована даже влажность маски, то есть сигнал о необходимости её замены. «Умное», компактное, легко-съёмное устройство для мониторинга



Рис. 1. Вид тканевой маски с магнитом для крепления оригинального биодатчика FaceBit

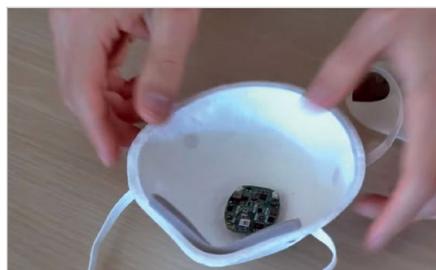


Рис. 2. Вид с внутренней стороны маски на плату с датчиками

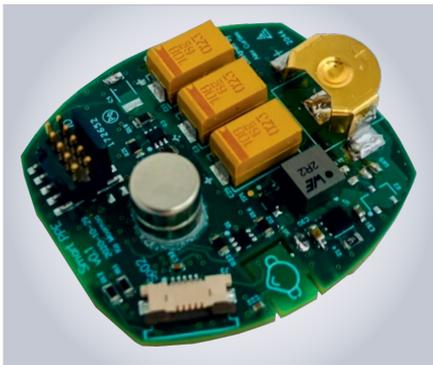


Рис. 3. Вид платы с биодатчиками

состояния здоровья используется также для прогнозирования усталости и эмоционального состояния человека. На рис. 4 представлена визуализация данных диагностики с помощью одноимённого приложения, установленного на смартфон.

Особенности электронных биодатчиков, характеристики и питание устройства

Двусторонний вид на плату съёмного биосенсора с расположением некоторых элементов представлен на рис. 5. Интересно решена проблема подзарядки источника питания устройства. О ней мы будем говорить и далее. В штатном режиме элементом питания служит компактный аккумулятор дискового типа с напряжением 1,2 В. В схеме применён импульсный регулятор напряжения MAX 17222ELT+T, преобразующий напряжение в диапазоне 0,9...5 В с максимальным выходным током 500 мА. Это пример из семейства синхронных повышающих DC-DC преобразователей напряжения с ультранизким током собственного потребления. Основное достоинство микросхемы в том, что ток собственного потребления на холостом ходу самый низкий для подобных устройств, всего 300 нА. В выключенном состоянии ток собственного потребления опускается до 0,5 нА. Выходное напряжение настраивают с помощью одного внешнего резистора. Микросхема гарантированно стартует при уровне входного напряжения 0,95 В, поддерживая стабильное напряжение на выходе, даже если входное напряжение снизится до 0,4 В. Благодаря малому корпусу, высокой частоте коммутации до 2,5 МГц, хорошему КПД до 95% и необходимости в четырёх элементах обвязки решение компании Maxim Integrated может занимать на печатной плате всего 20 мм².

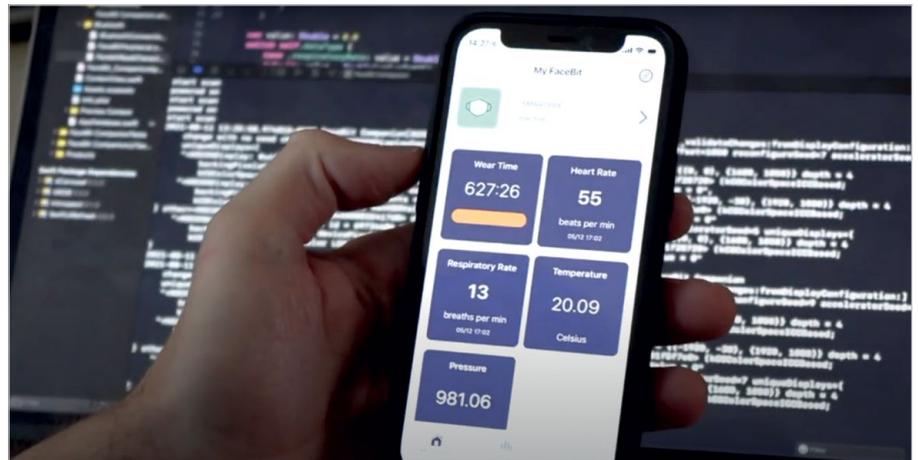


Рис. 4. Визуализация данных диагностики FaceBit

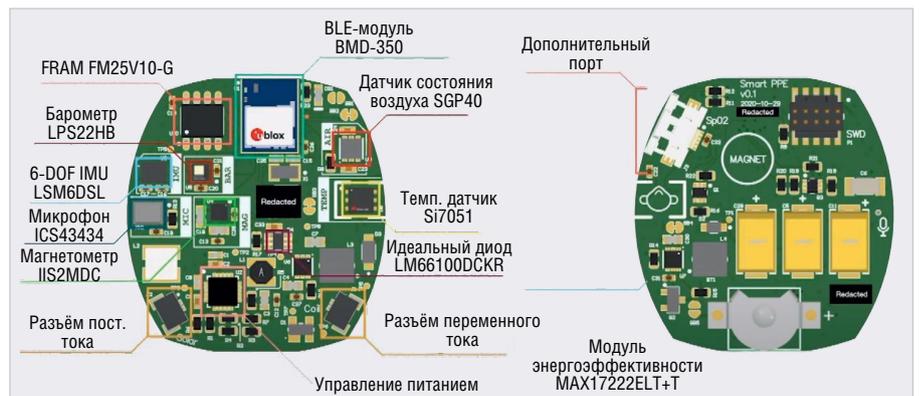


Рис. 5. Вид на две стороны платы съёмного биосенсора

Датчик давления воздуха – барометр – реализован на микросборке LPS22HB. LPS22 MEMS Nano Pressure Sensor представляет собой ультракомпактный пьезорезистивный датчик абсолютного давления с цифровым выходом. Диапазон измерений абсолютного давления 260...1260 гПа при температуре от -40 до +85°C. Точность измерения при калибровке в одной точке составляет 0,1 гПа (0...+65°C). Потребляемый ток до 3 мкА. Рабочее напряжение 1,6...3,3 В. Размеры корпуса HLGA-10L составляют 2×2×0,76 мм.

Датчик измерения температуры SI7051 – цифровой (I²C) с точностью измерений ±0,05...0,2°C и временем конвертации данных (АЦП) с максимальным разрешением 14 бит всего 7 мс (сравните с 750 мс у датчика того же форм-фактора DS18B20). Также он измеряет влажность в пределах ±3% RH. Потребление 2 мкА при рабочей частоте 1 ГГц. Корпус DFN размерами 6,3×3 мм.

Датчик воздуха Air Quality SGP40 представляет надёжный инструмент для измерения качества воздуха в помещении на основе оксида металла (МОx) с использованием датчика газа, создан-

ного по технологии Sensirion CMOSens, то есть датчик МОx обладает регулируемой температурой и компенсацией влажности для контроля качества воздуха в помещении. Быстродействующий SGP40 формирует в цифровом виде данные о летучих органических соединениях (ЛОС) в течение 30 с после включения питания. Руководитель коллектива разработчиков позиционирует сей датчик как «чувствительный электронный нос» для обнаружения летучих органических соединений в помещении. Кому не критичны габаритные параметры, для измерения концентрации определённых газов могут вместо рассмотренного использовать другой датчик качества воздуха SparkFun – SGP30.

BLE Module BMD-350 от производителя U-blox обеспечивает стабильную связь в формате Wireless & RF Modules по протоколу Bluetooth 5.0 в категории Bluetooth 802.15.1. Краткие технические параметры таковы: модуляция GFSK, класс интерфейса Bluetooth Low Energy (BLE), тип интерфейса I²C, SPI, UART, выходная мощность 4 дБм. Скорость передачи данных 2 Мбит/с. Чувствительность приёмника -96 дБм

на рабочей частоте 2,4 ГГц. При рабочем напряжении питания 1,7...3,6 В ток потребления 11,7 мА. Рабочая температура в диапазоне –40...+85°C. Компактные размеры 8,7×6,4×1,5 мм.

FRAM FM25V10-G – интегральная схема энергонезависимой памяти от производителя Cypress Semiconductor, реализованная в корпусе SO-8. Объём памяти 1 Мбит. Организация и ширина шины данных 128 Кбит × 8 бит. Тип интерфейса SPI. Рабочее напряжение питания 2...3,6 В. Размеры 3,98×4,97×1,47 мм.

Инерционный измерительный модуль (ИИМ) 6-DOF IMU LSM6DSL от производителя STMicroelectronics отличается рекордно малым потреблением в активном режиме. Дополняет номенклатуру многоосевых инерционных модулей iNemo. В нашем случае это – в одном корпусе LGA-14L размерами 2,5×3×0,83 мм – многофункциональный трёхосевой микромеханический акселерометр (ММА), а также шестиосевой модуль LSM6DSO, трёхосевой микромеханический гироскоп (ММГ), автомат состояний, много специальных IP-блоков, FIFO-буфер. ИИМ 6DOF Atomic IMU LSM6DSL интересен тем, что с помощью перемычек-джамперов или программно позволяет корректировать чувствительность, в зависимости от конкретной задачи, в формате 1,5g, 2g, 4g или 6g. ИИМ можно подключить и проводами через преобразователь UART-RS232, но важно не использовать его одновременно с подключённым модулем XBee. Диапазон напряжений питания 3,4...10 В DC, средний ток потребления 24 мА при оптимальной частоте опроса внутренних датчиков 100...150 Гц. Перспективы таковы, что на базе модуля IMU LSM6DSL заинтересованный разработчик может сделать полноценную автономную навигационную систему для робототехники, добавив для этого одометр и электронный компас, а если использовать показания присоединённого модуля GPS для коррекции навигационной информации, выдаваемой ИИМ, получится интегрированная бесплатформенная инерциальная навигационная система. Но это в перспективе.

Контроль положения объектов с магнетометрами от производителя STMicroelectronics в рассматриваемом устройстве реализован с помощью интегральной сборки 11S2MDC, где датчики e-Compass измеряют магнитное поле по трём осям-каналам, имеют цифровой интерфейс SPI/I²C и

выход прерывания 16-bit data output. Работают в температурном диапазоне –40...85°C. Несмотря на то что корпуса исполнены в трёх вариантах, количество выводов одинаково у всех микросхем – 12. Все магнетометры, кроме LIS3MDL, соответствуют по основным сигналам, что даёт возможность взаимозамен. При калибровке Magnetometer 11S2MDC необходимо учитывать эффекты «твёрдого/мягкого» железа и наличие магнитных аномалий. Данные магнетометра нельзя использовать, если эти эффекты не компенсируются и/или присутствуют аномалии. Частота опроса 150 Гц, диапазон питания 1,71...3,6 В.

Микрофон ICS-43434 с интерфейсом I²S от производителя InvenSense для носимых и компактных электронных устройств, Интернета вещей (IoT) является самым малым по размерам (3,5×2,65×0,98 мм). Выпускается с 2016 года. Микрофон характеризуется отношением сигнал/шум 65 дБА, частотной характеристикой 50...20 000 Гц, чувствительностью 26 дБ. Наличие цифрового интерфейса позволяет обойтись без кодека, подключаясь напрямую к процессору приложений. Это позволяет упростить, уменьшить и удешевить конструкцию. Достоинством является супернизкое энергопотребление. В энергосберегающем режиме ICS-43434 потребляет на 65% меньше электроэнергии по сравнению с иными аналогичными моделями.

Таковы некоторые модули smart-маски FaceBit и их характеристики. Отсюда следует важный вывод о том, что маска FaceBit с многофункциональными электронными датчиками пока не имеет мировых аналогов по функционалу и готова к работе по всем параметрам спустя 50 с после включения питания (подсоединения батареи).

Любопытно, что идея для разработки изначально касалась не пациентов, которых надо было диагностировать, а медицинских работников – профессионалов и несла акцент в виде облегчения их нелёгкого труда и обеспечения их личной безопасности. Руководивший коллективом разработчиков устройства Джозайя Дэвид Хестер (Josiah David Hester) из Northwestern прокомментировал: «Мы хотели разработать интеллектуальную лицевую маску для медицинских работников, которую не нужно подключать с неудобствами в середине смены», и без паузы продолжил: «Мы увеличили объём энергии

батарей за счёт сбора энергии из различных источников, что означает, что вы можете носить маску в течение недели или двух без необходимости заряжать или заменять батарею».

Обязательный тест безопасности перед началом работы

По правилам безопасности в условиях заражения, «красных зон» перед началом работы врач должен убедиться в герметичности защитного костюма, в том числе лицевой маски. Для этого по американскому стандарту медицинский персонал проходит 20-минутный тест на пригодность оборудования. Во время теста сначала надевают респиратор, а затем прозрачный капюшон «костюма безопасности». После этого ассистент включает насос под давлением и закачивает под костюм чувствительный к обонянию, вариативно сладкий или горький «аэрозольный туман»; так пишет мне Джозайя Хестер. Концентрация аэрозоля, который чувствует по обонянию человек, внутри капюшона увеличивается, пока «запах» не будет обнаружен человеком в респираторе. Если он чувствует горький или сладкий вкус до определённого количества распылений аэрозоля, следовательно, маска негерметична и не соответствует требованиям, предъявляемым к безопасности медицинского персонала в США. Тогда она заменяется, и тест повторяется снова до удовлетворительного результата.

Об истории разработки

В анонсированном пресс-релизе компании с компьютерного дисплея на вас посмотрит довольно молодое лицо не обделённого счастьем человека, одного из авторов перспективной разработки, притягивающей интерес во всём мире в связи с известной актуальностью. Джозайя Хестер (Ph.D – доктор философии) является доцентом кафедры электротехники и вычислительной техники, сотрудником компании Breed в Инженерной школе Маккормик Северо-Западного университета в Эванстоне. Автор связался с доктором Джозайей Хестером и попросил особо прокомментировать для нашего издания специальные термины и подробности разработки. Д. Хестер любезно предоставил свой корректный e-mail. Оказалось, что работа велась 8 месяцев. Первые результаты были получены летом 2021 года, однако окончательные испы-

тания модели завершились 21 декабря 2021 года. В процессе создания «маски с датчиком» были проведены неоднократные опросы медицинского персонала – дипломированных врачей, медсестер и фельдшеров – для понимания их потребности в умных масках для лица. После анкетирования установлен важный фактор, влияющий на производительность (деятельность) и безопасность медицинского персонала: качество прилегания маски очень важно при непосредственной работе с пациентами с вирусными инфекциями. Точность диагностического инструментария FaceBit аналогична точности устройств клинического уровня, а срок службы батареи между зарядками может превышать 11 дней, в зависимости от конкретных условий применения.

Знакомство с руководителем коллектива разработчиков FaceBit Д. Хестером привело к получению новой информации о smart-маске как устройстве, объединённом с фитнес-трекером. Выше мы рассмотрели различные датчики, работающие в составе устройства, их применение позволило сделать его комплексным диагностическим инструментом, и даже в представленном виде перспективы биодатчиков не исчерпаны. Все биодатчики относительно новые, самая старая разработка среди них – 2016 года, – сказал Джозайя. Возможности акселерометров и электронных гироскопов, присутствующих модулями в FaceBit, дают очень большие перспективы. Кстати, в частной беседе руководитель проекта разъяснил, что сфера его интересов не только «медицинская электроника». Он и коллеги занимаются исследованиями в области безопасных для окружающей среды электронных устройств с автономным питанием, подзаряжающихся от естественных (альтернативных) источников, таких как солнечная энергия, ветрогенераторы, энергия от дыхания, энергия от переработки отходов и др. В сфере интересов учёного даже проблематика сохранения исторических памятников методами современной электроники. В статье Хестера «Удалённый и беспроводной долгосрочный мониторинг вибрации исторических памятников» (среди списка его работ) [5] это показано хорошо. В целом же профессор из Иллинойса, постоянный участник профильных международных конференций ACM, хотел бы наладить профессиональное сотруд-

ничество с «русскими коллегами» и открыт для общения. «Я пока не женат, – свидетельствует он, – поэтому удаётся много времени отдавать работе, которая меня привлекает и доставляет удовлетворение результатами. Разработчики Хестера (и коллег) по теме безбатарейных датчиков с автономным питанием с подзарядкой от альтернативных источников безусловно заслуживают всестороннего изучения. Особый акцент Хестер в научных работах направляет на безопасность окружающей среды. Современные аккумуляторы для бытовых устройств основаны на литии: металле, добывая который, наносят вред окружающей среде. Поэтому в ближайшее время будут открыты новые способы и композитные материалы, которые в маломощных АКБ будут более безопасны, чем литий в соединении с полимерами. «Моя мечта – подарить миру такие батарейки, о замене и утилизации которых не надо думать», – сообщил Хестер в частной переписке. Отсюда видно, что разработка FaceBit – лишь один из результатов широкой практической работы коллектива специалистов, который сам Хестер украсил, как жемчужина оправу. Медицинская маска с биодатчиками FaceBit появилась на стыке научных интересов и вследствие заказов от заинтересованных медицинских компаний, оплативших пролонгированное исследование. И теперь легко понять, насколько большего может добиться специалист, если будет целенаправленно заниматься только этой темой. Так нередко бывало в истории, когда разработка на «второстепенную» тему становилась ноу-хау для многих поколений людей. На предложение приехать в Москву для обмена опытом Джозайя Дэвид ответил уклончиво, но пообещал непременно подумать об этом и не разрывать эксклюзивного контакта с коллегами из России в нашем лице. Автор пожелал Джозайе внимания Нобелевского комитета и отметил, что его коллегиальная работа, в результате которой появился FaceBit, уже сделала его известным мировому сообществу и даже в России.

Основа идеи «умной» маски

Идея биосенсора, диагностирующего медицинское состояние человека по ЛОР-органам, расположенным на лице, основана на баллистическом характере изменений, периодичности толчков – движений крови по относительно крупным артериям к лицу. Так как

частота сердечных сокращений и связанная с ней частота дыхания являются измеряемыми величинами, появилась возможность с большой долей валидности контролировать их динамику, и теперь открылись новые возможности для исследований. Стрессовые события могут вызывать физиологические реакции, в том числе учащённое дыхание. FaceBit получает и интерпретирует информацию, чтобы сигнализировать о необходимости перерыва в работе, замены маски, прогулки или иного способа получения зарядки чистым воздухом: например, необходимости серии относительно глубоких вдохов/выдохов для достижения состояния бестревожности и безопасности. Более интегрированные электронные системы могут интерпретировать полученные биосенсором данные для разработки и оптимизации графиков смен и перерывов для медицинского персонала.

Проект «FaceBit: платформа умных масок для лица» поддержан грантами Национального научного фонда для исследований быстрого реагирования на борьбу с пандемией COVID-19 (номер награды CNS-2032408). FaceBit был результатом сотрудничества с Набилем Альшурафой, доцентом профилактической медицины в Школе медицины Файнберга Северо-Западного университета и компьютерных наук в Маккормике [1].

Основные результаты исследования опубликованы 16 января 2022 года в Proceedings of ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies. Краткие выводы представляем ниже:

- фиксирующееся на миниатюрном магните устройство оценивает время ношения маски, пульс (частоту сердечных сокращений) и силу дыхания пользователя;
- устройство по беспроводной связи передаёт данные в режиме реального времени в приложение для смартфона, которое может предупредить пользователя о проблемах при их возникновении;
- устройство питается от миниатюрной АКБ дискового типа с подключённым автоматическим зарядным устройством для пополнения электрической энергии из «альтернативных» источников, в том числе от фотоэлементов (энергия света), термоэлементов (энергия тепла), «энергии движения» и даже воздушного потока «силы дыхания». Два за-

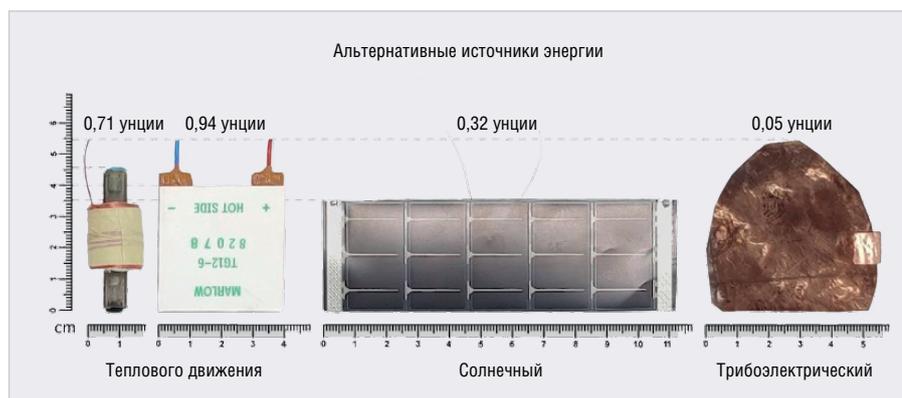


Рис. 6. Автоматическое ЗУ, продлевающее срок службы аккумулятора датчика

ключительных термина предполагают дополнительную расшифровку в отдельной статье.

Автоматическое ЗУ, продлевающее срок службы аккумулятора датчика, увеличивая время между зарядками, – отдельное ноу-хау разработчиков. Они продолжают работу над системой подзарядки аккумулятора в направлении, отражённом на рис. 6, где представлены разные возможности и способы получения альтернативной энергии. Таким образом, передовая разработка с большой перспективой FaceBit служит «устойчивым, удобным и комфортным вариантом защиты здоровья для передовых работников».

Перспективы применения устройства

Эксперт в области устойчивых технологий без фиксированных элементов питания видит перспективу в том, что FaceBit будет полностью «безбатарейным» [3]. В будущем обработанная, принятая тепловая и кинетическая энергия может обеспечить питание устройства исключительно от альтернативных доступных источников энергии. Кро-

ме того, в качестве накопителей энергии при условии малого потребления тока – сверхэкономичности устройства и схемного решения по преобразованию энергии для питания электронных датчиков биосенсора (что вполне реализовано в FaceBit) – в качестве элемента питания, накапливающего энергию, может быть применён ионистор [4]. По мнению разработчиков [2], «FaceBit – это первый шаг к практическому распознаванию и выводу информации о состоянии органов тела; устойчивый, удобный и комфортный вариант для мониторинга состояния здоровья работников, работающих с COVID-19 и не только». Доктор Хестер свидетельствует, что FaceBit предстоит пройти полные клинические испытания и всестороннюю проверку: «Я очень рад передать это исследовательскому сообществу, чтобы посмотреть, что они могут с этим сделать». Похвальный эксперимент.

По сути, доктор Джозайя Хестер из Иллинойса по-своему воплощает концепцию нашего издания (ибо «Современная электроника» всегда была и будет передовой трибуной мнений специалистов отрасли, среди кото-

рых немало талантливых разработчиков РЭА и диагностических систем): информирует заинтересованных лиц о перспективных разработках коллег для их совершенствования и реального воплощения. Так, команда разработчиков намеренно предоставила мировому сообществу несекретные промежуточные результаты своей работы с тем, чтобы «другие могли создавать и проверять устройства». К сожалению, в России пока подобных разработок нет, но это не значит, что в формате программы импортозамещения они не появятся. Наша переписка с Хестером позволяет понять идею разработчика, а согласно текущим реалиям в нашем отечестве профильные специалисты не лишены возможности работать над аналогичным устройством, адаптированным к местным особенностям и условиям.

Литература

1. *Аманда Моррис* // URL: <https://news.northwestern.edu/stories/2022/01/fitbit-for-the-face-can-turn-any-face-mask-into-smart-monitoring-device/>.
2. Иллюстрация, встроенное видео // URL: <https://www.youtube.com/embed/0zENpI85PDA>.
3. Иллюстративное видео по устройству FaceBit // URL: <https://www.youtube.com/watch?v=0zENpI85PDA&t>.
4. *Кашикарров А.П.* Ионистор в автономной электрической цепи // Современная электроника. 2014. №1. С. 2–4.
5. Статьи (в соавторстве) Джозайя Дэвида Хестера // URL: <https://www.researchgate.net/profile/Josiah-Hester>.
6. Фото разработки в хорошем качестве // URL: https://nuwildcat.sharepoint.com/sites/OGMC-MediaRelations/ORGADMINGLOBALMARKETINGANDCOMMUNICATIONSPRESSKITSB/Amanda/hester-facebit/IMG_0381.JPG.



НОВОСТИ МИРА

КОРЕЯ ОГРАНИЧИЛА ЭКСПОРТ В РОССИЮ И БЕЛАРУСЬ 57 «НЕСТРАТЕГИЧЕСКИХ» ТОВАРОВ, ВКЛЮЧАЯ ПОЛУПРОВОДНИКИ

Министерство торговли, промышленности и энергетики Южной Кореи анонсировало новые правила экспортного контроля 57 «нестратегических» товаров в Россию и Беларусь, начиная с 26 марта текущего года. Как сообщает портал Korea.net, к нестратегическим товарам, например, относятся низкопроизводительные полупроводники, а также некоторые компьютеры и другие товары.

Ранее корейское правительство решило контролировать экспорт в Россию и Беларусь в рамках налагаемых рядом стран санкций на том же уровне, что США и ЕС на фоне событий на Украине.

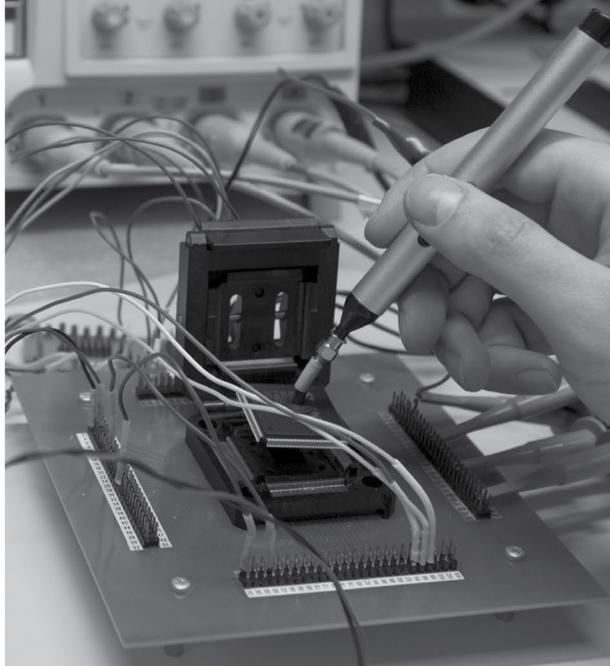
По данным издания Business Korea, запрет на экспорт не будет тотальным – компании, желающие продавать товары, попавшие под санкции страны, с 26 марта должны будут подавать заявку на специальную процедуру одобрения поставок.

По данным правительственных источников, при рассмотрении заявок власти будут ориен-

тироваться на п. 22 «Уведомления об экспорте и импорте стратегических материалов», а также «усиленные стандарты рассмотрения», применяемые так называемым «международным сообществом», фактически ограниченным некоторыми странами, поддержавшими санкции.

О прекращении экспорта в Россию и Беларусь экспортных товаров вроде ядерных или ракетных технологий корейские власти сообщали ещё в конце февраля текущего года.

3dnews.ru

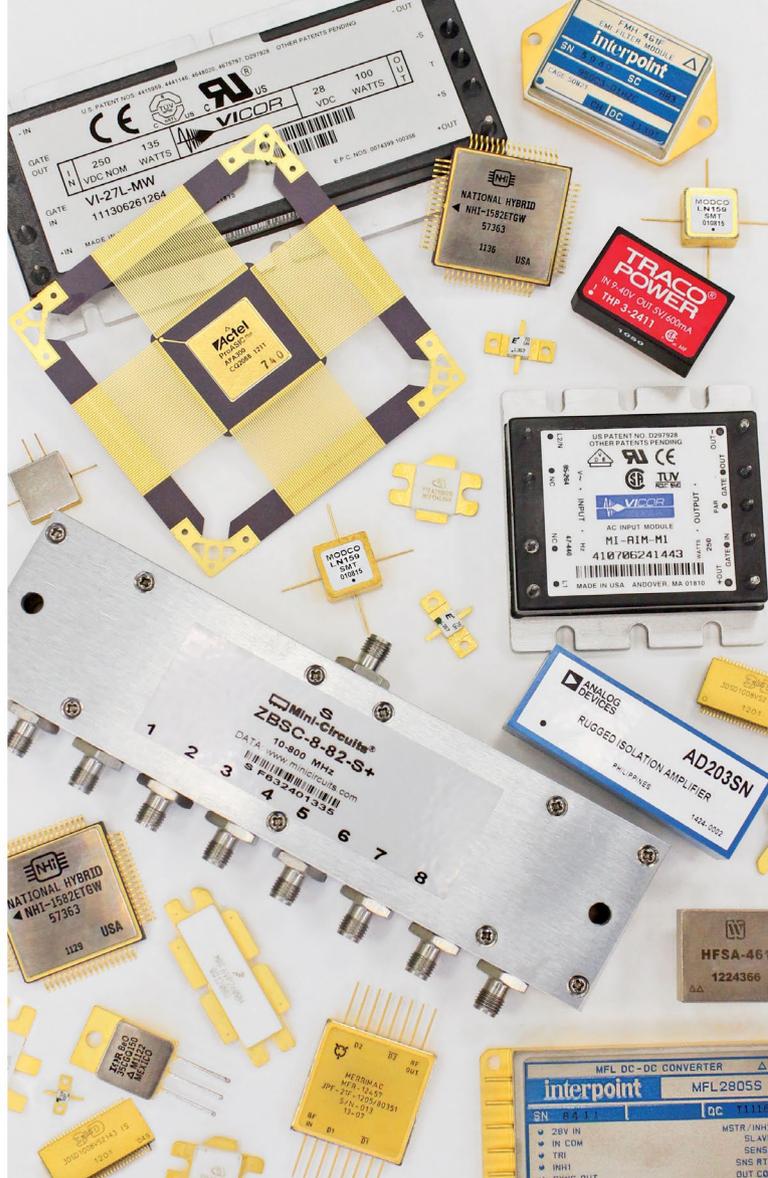


КОМПЛЕКСНЫЕ ПОСТАВКИ ЭКБ

**ВСЯ ПОСТАВЛЯЕМАЯ
ПРОДУКЦИЯ ПРОХОДИТ
«ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ»
И «ИДЕНТИФИКАЦИЮ»**

АО «ТЕСТПРИБОР» осуществляет комплексные поставки электронных компонентов отечественного и иностранного производства для различного применения классов:

- Industrial, ■ Military, ■ Space



ПРОГРАММА ПОСТАВОК

- Микросхемы
- ПЛИС
- СБИС
- Источники питания
- Преобразователи
- Конденсаторы
- Резисторы
- Транзисторы
- Диоды
- Реле
- Переключатели
- Разъемы
- Фильтры
- Атеннуаторы
- Ответители

Реклама



+7 (495) 657-87-37



tp@test-expert.ru | www.test-expert.ru



125480, г. Москва, ул. Планерная, д. 7А