

Обзор отечественных компьютерных модулей формата SMARC

А. Медведев, к. т. н.¹

УДК 621.3 | ВАК 2.2.2

Компьютерные модули, называемые также компьютерами на модуле (Computer-on-Module), или системами на модуле (System-on-Module), представляют собой компактный вычислитель, содержащий центральный процессор, память, контроллеры периферии и вторичные источники питания. Все периферийные интерфейсы выведены на разъемы в соответствии с общепринятыми спецификациями. Компьютерные модули широко применяются как для решения тех задач, которые невозможно эффективно решить с помощью стандартных встраиваемых плат, так и для обновления устаревших систем. Описание наиболее популярных среди разработчиков и пользователей встраиваемых систем стандартов компьютерных модулей (ETX, Qseven, SMARC, COM Express и COM-HPC) представлено в публикации «Компьютерные модули: преимущества применения и популярные стандарты»*. В настоящей статье приведено описание одного из самых «молодых» стандартов: SMARC, а также краткая информация об отечественных производителях, выпускающих модули в данном стандарте, и их продукции.

МОДУЛИ SMARC

Стандарт SMARC (Smart Mobility ARChitecture) разработан консорциумом SGET (<https://sget.org>) в 2013 году. Модули стандарта быстро стали очень популярными масштабируемыми строительными блоками, позволяющими разработчикам создавать приложения нового поколения.

Модули SMARC предназначены для создания компактных вычислительных устройств с низким энергопотреблением. Область применения модулей SMARC постоянно расширяется по мере развития технологий Интернета вещей и искусственного интеллекта. Они могут быть использованы в различных приложениях, от промышленной автоматизации до медицинского оборудования и транспортных средств.

Кроме того, модули SMARC (рис. 1) зарекомендовали себя при создании компактных портативных устройств,

где энергопотребление не должно превышать нескольких ватт, а вычислительная мощность должна быть особенно высокой.

SMARC-модули могут быть построены на базе центральных процессоров с архитектурами ARM, x86 или



Рис. 1. Компьютерный модуль стандарта SMARC с несущей платой

¹ АО «НПК «Атроник», заместитель технического директора, mav@atronik.ru.

* Медведев А. В. Компьютерные модули: преимущества применения и популярные стандарты // CONTROL ENGINEERING РОССИЯ. 2022. № 3. С. 14–20.

RISC и поддерживают различные операционные системы, такие как Linux, Windows Embedded и даже QNX.

Модули SMARC являются популярными среди разработчиков встраиваемых систем благодаря своей гибкости, модульности и производительности. Они позволяют сократить время разработки и упростить сопровождение системы, что делает их идеальным выбором для широкого спектра приложений.

SMARC-модули имеют стандартизированный форм-фактор и интерфейсы (назначение контактов жестко прописано в спецификации), что позволяет легко заменять модули в системе без необходимости перепроектирования всей системы.

Компьютерные модули SMARC обладают несколькими преимуществами по сравнению с другими компьютерными модулями.

Компактный размер: SMARC-модули имеют габариты кредитной карты, что делает их идеальными для использования в ограниченном пространстве. Они часто используются во встраиваемых системах, таких как промышленные компьютеры, медицинские приборы и автоматизированные системы.

Масштабируемость: SMARC-модули предоставляют гибкую платформу для разработчиков, позволяя им выбирать модули от разных производителей с различными характеристиками и возможностями, такие как процессор, оперативная память, графика и др. Это обеспечивает

масштабируемость в разработке продуктов и легкое обновление их при необходимости.

Низкое энергопотребление: SMARC-модули обычно имеют низкое энергопотребление, что делает их эффективными для использования в портативных и мобильных устройствах. Они являются идеальным выбором для разработчиков, которые стремятся создать энергоэффективные продукты.

Стандартизация: SMARC-модули разработаны на основе открытого стандарта, что обеспечивает совместимость и переносимость. Это позволяет разработчикам использовать SMARC-модули от разных производителей и без проблем комбинировать их с другими компонентами системы.

Легкость разработки: SMARC-модули предоставляют готовую платформу, которую можно использовать для ускорения процесса разработки. Они включают в себя основные компоненты и интерфейсы, такие как Ethernet, USB, HDMI, CAN, PCIe и др., чтобы обеспечить подключение к периферийным устройствам, что позволяет сосредоточиться на разработке приложения, не занимаясь проектированием базовой аппаратной платформы.

Надежность: SMARC-модули обычно изготавливаются производителями промышленных модулей в соответствии с высокими стандартами качества и имеют долгий срок службы. Это делает их надежным выбором для использования в критически важных приложениях, где требуется стабильная работа и минимальные сбои.

Спецификация определяет два размера модуля: 82×50 мм и 82×80 мм (рис. 2). Основное питание модулей – 5 В.

Список обязательных и дополнительных интерфейсов модулей приведен в табл. 1.

Печатные платы модуля имеют 314-контактный краевой разъем, который соединяется с низкопрофильным 314-контактным прямоугольным разъемом типа MХМ3 на несущей плате.

Разъем MХМ3 обычно используется для видеокарт. Но назначения контактов на модулях SMARC и графических картах – различные. Контакты модуля SMARC намеренно пронумерованы как P1-P156 и S1-S158 с целью отличия модуля SMARC от графического модуля MХМ3.

В табл. 2 приведен перечень рекомендованных к использованию разъемов.

ОБЗОР ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ SMARC-МОДУЛЕЙ «АТБ Электроника»

История успеха «АТБ Электроника» – это 18 лет развития: от компании-поставщика компонентов до производителя с современным производственным комплексом

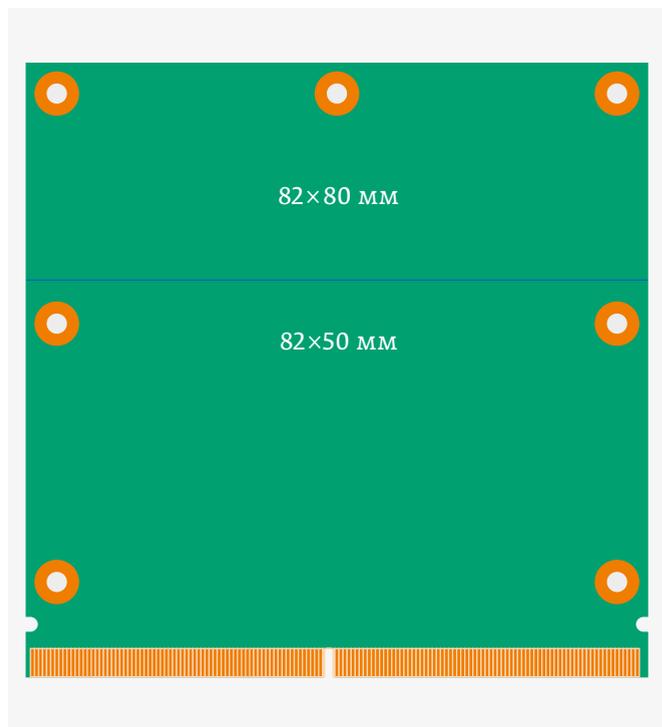


Рис. 2. Габаритные размеры модулей SMARC

Таблица 1. Список интерфейсов модулей SMARC

Интерфейс	Описание	Требование	Примечание
LVDS LCD	18-битный одноканальный	Рекомендован	Дисплей по умолчанию (последовательный LVDS)
	24-битный одноканальный – совместимый с 18-битным	Рекомендован	
	24-битный одноканальный – стандартная карта цветов	Может быть	
	24-битный двухканальный – совместимый с 18-битным	Может быть	
	24-битный двухканальный – стандартная карта цветов	Может быть	
HDMI	Интерфейс дисплея HDMI	Рекомендован	
DP на HDMI-выводах		Может быть	
DP++	DisplayPort++	Может быть	
Камера	CSI0-2 линии	Может быть	
	CSI1-2 линии	Рекомендован	
	CSI1-4 линии	Рекомендован	
SDIO	SDIO (4 бит, для SD-карт)	Рекомендован	Может использоваться на несущей плате в качестве загрузочного устройства
SPI	SPI0	Рекомендован	Может использоваться на несущей плате в качестве загрузочного устройства
	eSPI	Рекомендован	Может использоваться на несущей плате в качестве загрузочного устройства
Аудио	I2S0	Рекомендован	
	HDA	Рекомендован	
I ² C	Управление энергопотреблением	Обязателен	
	Общее назначение	Обязателен	
	Камера	Рекомендован	
	LCD-дисплей I/D	Рекомендован	
Последовательные порты	SER0 (4-проводной)	Обязателен	
	SER1 (2-проводной)	Обязателен	
	SER2 (4-проводной)	Рекомендован	
	SER3 (2-проводной)	Рекомендован	
CAN	CAN0	Может быть	
	CAN1	Может быть	

Таблица 1. Продолжение

Интерфейс	Описание	Требование	Примечание	
USB	USB0 – как USB 2.0 клиент	Рекомендован	USB0 должен быть реализован	
	USB0 – как OTG	Может быть		
	USB0 – как USB 2.0 хост	Может быть		
	USB1 – как USB 2.0 хост	Обязателен		
	USB[2:5] – как USB 2.0 хост	Может быть		
	USBss[2:3]	Может быть		Порядок реализации: первый № 2, следующий № 3
	USB3 – как USB 3.2 Клиент/OTG	Может быть		
PCIe	PCIe_A (x1 Gen 1 Root)	Рекомендован		
	PCIe_B (x1 Gen 1 Root)	Может быть		
	PCIe_C (x1 Gen 1 Root)	Может быть		
	PCIe_D (x1 Gen 1 Root)	Может быть		
	PCIe_Target operation	Может быть		
	PCIe Gen 2 and Gen 3 operation	Может быть		
SerDes	Альтернативное использование PCIe_C и/или PCIe_D	Может быть		
SATA	SATA Gen 1	Рекомендован	Может использоваться на несущей плате в качестве загрузочного устройства	
	SATA Gen 2	Может быть		
	SATA Gen 3	Может быть		
GbE	GbE0	Рекомендован		
	GbE1	Может быть		
	IEEE 1588 – триггерные сигналы (GbE[0:1]_SDP)	Может быть		
Сторожевой таймер (Watchdog timer, WDT)	WDT-выход	Рекомендован		
GPIO	GPIO[0:11]	Обязателен		
	GPIO[12:13]	Рекомендован		
	GPIO[0:11] – возможность прерывания	Обязателен		
	GPIO[12:13] – возможность прерывания	Рекомендован		
	GPIO-камеры (только если камера поддерживается)	Обязателен	В зависимости от реализации модуля камеры	
	GPIO5 – ШИМ	Рекомендован		
	GPIO6 – вход тахометра	Рекомендован		

Таблица 1. Продолжение

Интерфейс	Описание	Требование	Примечание
Управление	Функции управления системой и питанием CARRIER_PWR_ON VIN_PWR_BAD#	Обязателен	
	Все остальные сигналы	Рекомендован	
Выбор режима загрузки (Boot Select)		Обязателен	
Принудительное восстановление (Force Recov.)		Рекомендован	Позволяет перезаписывать / восстанавливать незащищенные сегменты загрузочного устройства модуля с внешнего USB. Также может использоваться для загрузки настроек BIOS по умолчанию.
JTAG	JTAG-разъем на модуле	Может быть	Некоторые производители предпочитают доступ к контрольной точке
Часы реального времени (Real Time Clock, RTC)		Рекомендован	

Примечание: «Обязателен» – указывает на обязательное требование; «рекомендован» – указывает на рекомендуемое, но не обязательное требование; «может быть» – указывает на редко используемый дополнительный интерфейс.

Таблица 2. Перечень рекомендованных разъемов для подключения модулей SMARC

Производитель	Заказной номер	Расстояние до несущей платы, мм	Высота разъема, мм	Цвет	Примечание
Foxconn	AS0B821-S43B-*H	1,5	4,3	Черный	
Foxconn	AS0B821-S43N-*H	1,5	4,3	Слоновая кость	
Foxconn	AS0B826-S43B-*H	1,5	4,3	Черный	
Foxconn	AS0B826-S43N-*H	1,5	4,3	Слоновая кость	
JAЕ	MM70-314B2-1-R500	1,5	4,3	Черный	
Aces	91781-314 2 8-001	2,7	5,2	Черный	
Foxconn	AS0B821-S55B-*H	2,7	5,5	Черный	
Foxconn	AS0B821-S55N-*H	2,7	5,5	Слоновая кость	
Foxconn	AS0B826-S55B-*H	2,7	5,5	Черный	
Foxconn	AS0B826-S55N-*H	2,7	5,5	Слоновая кость	
Foxconn	AS0B821-S78B-*H	5,0	7,8	Черный	
Foxconn	AS0B821-S78N-*H	5,0	7,8	Слоновая кость	
Foxconn	AS0B826-S78B-*H	5,0	7,8	Черный	
Foxconn	AS0B826-S78N-*H	5,0	7,8	Слоновая кость	
Yamaichi	CN113-314-2001	5,0	7,8	Черный	Автомобильное применение



Рис. 3. Модуль АТБ-РК3568J-SMC производства ООО «АТБ Электроника»

площадью 4 500 м², собственными испытательной лабораторией и R&D-центром.

«АТБ Электроника» находится в Москве, подразделения компании объединены в единый контур, что позволяет разработчикам непрерывно взаимодействовать с производством, а заказчикам оперативно согласовывать проекты, инспектировать производственный процесс при выпуске крупных партий оборудования. На рис. 3 представлен модуль АТБ-РК3568J-SMC.

НПК «АТРОНИК»

Основными направлениями деятельности НПК «АТРОНИК» являются:

- разработка и серийное производство специализированных вычислителей для тяжелых условий эксплуатации;
- контрактное производство электроники для ответственных применений;
- разработка сложной электроники по техническому заданию (ТЗ) заказчика;
- разработка и производство устройств биометрической идентификации;
- разработка программного обеспечения для биометрических систем.

В состав компании входит специализированное конструкторское бюро (СКБ) и современное автоматизированное производство электронных изделий. Коллектив НПК «АТРОНИК» имеет опыт в разработке спецвычислителей для экстремальных условий эксплуатации от уровня схемотехники и исходных кодов. Используемые компанией производственные технологии позволяют выпускать вычислители любого уровня сложности, а гибкость технологических процессов дает возможность производить изделия любой серийности: от опытных образцов до партий в сотни тысяч штук. Вовлеченность технологов на ранних стадиях в процесс разработки позволяет



Рис. 4. Модуль МЦП1502 производства АО «НПК «АТРОНИК»

существенно сократить время от ТЗ до получения литературы О1. На рис. 4 представлен модуль МЦП1502.

INMYS

Со времени основания компании в 2011 году специалисты INMYS разработали более сотни сложнейших программно-аппаратных решений. Одновременно с выпуском основной продукции (SOM-модулей) компания занимается разработкой и производством высокоскоростных сетевых коммутаторов и агрегаторов, материнских плат серверных компьютеров, контроллеров систем хранения данных. На рис. 5 представлен модуль NMS-SM-RK3568.

Fastwel

Fastwel основан в 1998 году и на сегодняшний день является одной из самых высокотехнологичных компаний России. Сочетая активные вложения в освоение новейших технологий с использованием опыта и потенциала



Рис. 5. Модуль NMS-SM-RK3568 производства компании INMYS



Рис. 6. Модуль CPC1001 производства Fastwel

российских разработчиков и технологов, Fastwel успешно конкурирует с ведущими мировыми производителями электронного оборудования.

Продукция Fastwel находит применение в ответственных приложениях на транспорте, в телекоммуникациях, промышленности и многих других отраслях, где требуется надежное оборудование, способное работать в жестких условиях эксплуатации.

Изделия Fastwel полностью учитывают специфику рынка России и стран СНГ как по набору поддерживаемых типов сигналов, так и по стойкости к неблагоприятным факторам внешней среды. На рис. 6 представлен модуль CPC1001.

НПЦ «ЭЛВИС»

Акционерное общество Научно-производственный центр «Электронные вычислительно-информационные системы» (АО НПЦ «ЭЛВИС») является одним из ведущих центров проектирования микросхем в России.

Компания была создана в 1990 году на базе структурного подразделения научно-производственного объединения «ЭЛАС», выполнявшего в 1960–80 годах передовые разработки в области космической электронной техники. Основным видом деятельности компании была разработка на базе собственной платформы проектирования «МУЛЬТИКОР» концептуально



Рис. 7. Модуль ELV-MC03-SMARC производства АО НПЦ «ЭЛВИС»

новых отечественных импортозамещающих микросхем типа «Система-на-Кристале». На рис. 7 представлен модуль ELV-MC03-SMARC.

В заключение можно отметить, что преимущества использования SMARC-модулей включают:

- гибкость: SMARC-модули обеспечивают возможность выбора подходящего процессора и характеристик для конкретного приложения. Это позволяет оптимизировать систему под требуемые задачи;
- компактность: модули SMARC объединяют множество интерфейсов в одном компактном модуле, что упрощает проектирование и уменьшает размер системы;
- легкость модернизации: стандартизированные формат и «распиновка» SMARC-модулей облегчают их замену или модификацию, что позволяет быстро адаптировать конечное изделие к новым требованиям или технологиям;
- возможность масштабирования: SMARC-модули поддерживают различные процессоры и периферийные устройства, что позволяет расширять возможности конечной системы и улучшать ее производительность.

В целом, SMARC-модули представляют собой современное и гибкое решение для создания вычислительных систем и устройств, обладающее преимуществами компактности, масштабируемости, энергоэффективности, стандартизации, легкости разработки и надежности. Использование SMARC-модулей может быть полезно во множестве областей, таких как автоматизация, медицина, телекоммуникации, промышленность и другие, где требуется компактный масштабируемый встраиваемый вычислительный модуль.

ООО
СМП

ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН
www.SMD.ru

электронные компоненты
для поверхностного монтажа

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК

- Разборные металлические EMI SMD экраны
- Кварцевые генераторы 0532 на частоты до 125 МГц

Москва, Ленинградский пр., 80 к. 32, e-mail: sales@smd.ru
Тел.: (499) 158-7398, (495) 940-6244, (499) 943-8780

Рисунок 1. Зависимость емкости фоточувствительного элемента от напряжения

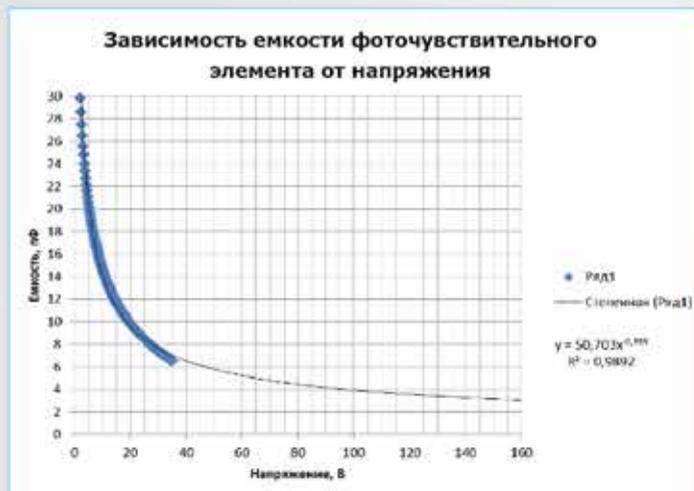


Рисунок 2. Спектральная чувствительность фоточувствительного элемента при напряжении смещения

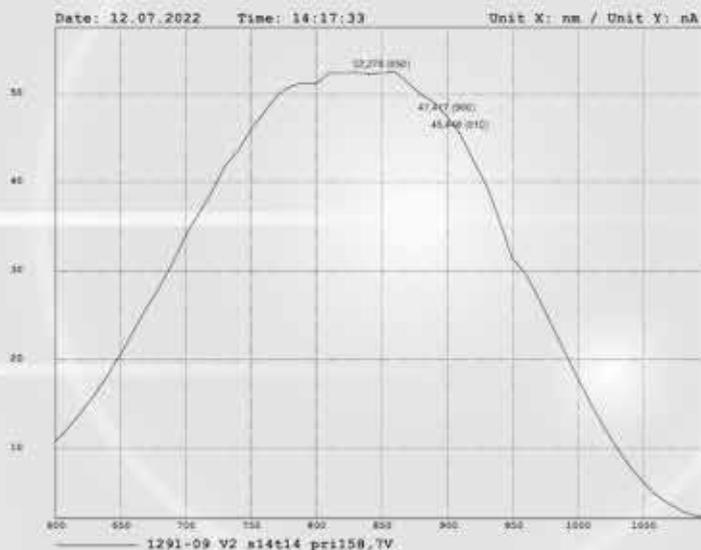


Рисунок 3. Температурный коэффициент напряжения фоточувствительного элемента

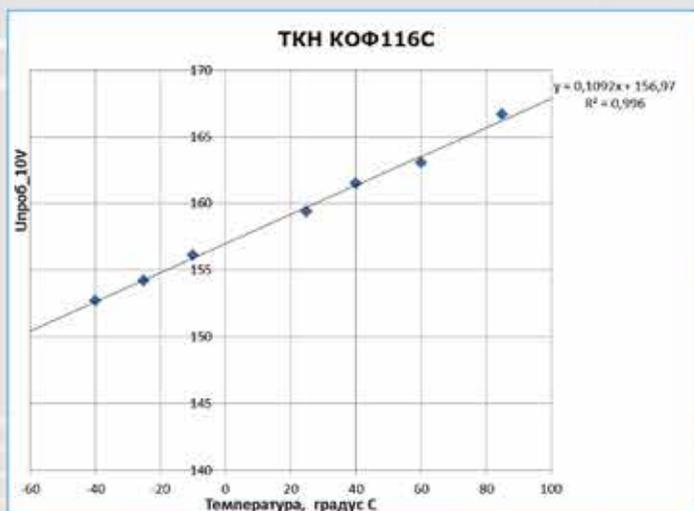
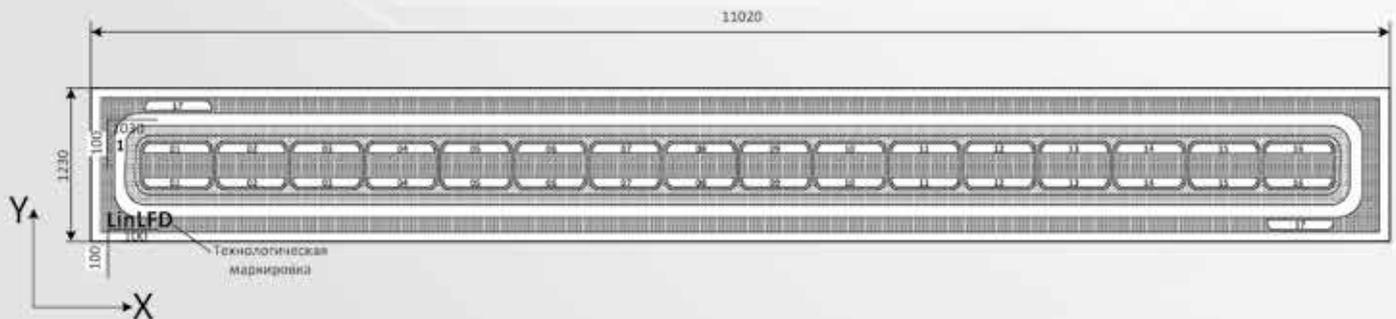
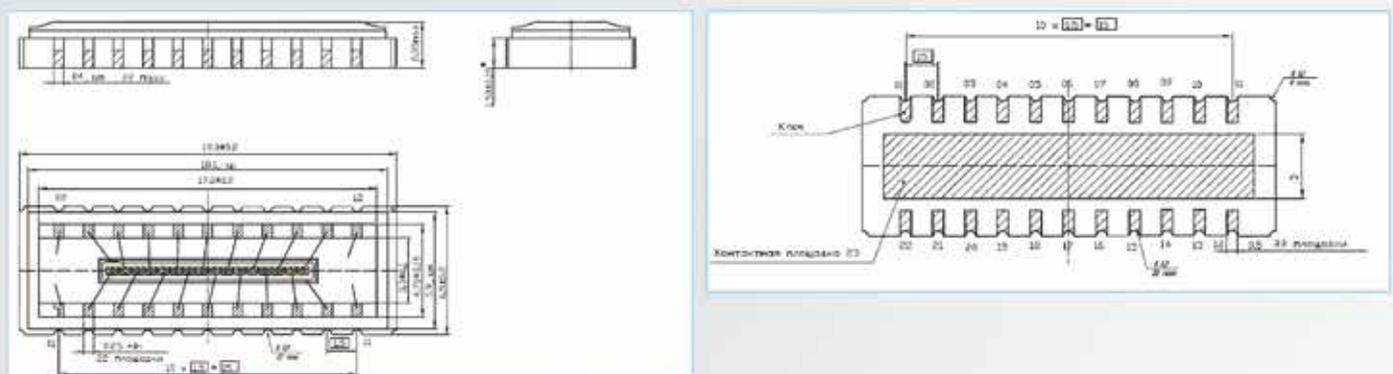


Рисунок 4. Габаритные размеры кристалла

Рисунок 5. Фотодиод в металлокерамическом корпусе DLCC 22/22-1

Таблица 3. Назначение выводов фотодиода

Номер вывода	Назначение вывода
01	Анод
02	Катод 1-го фотодиода
03	Катод 3-го фотодиода
04	Катод 5-го фотодиода
05	Катод 7-го фотодиода
06	Катод 9-го фотодиода
07	Катод 11-го фотодиода
08	Катод 13-го фотодиода
09	Катод 15-го фотодиода
10	Охранное кольцо
11	Анод
12	Анод
13	Катод 16-го фотодиода
14	Катод 14-го фотодиода
15	Катод 12-го фотодиода
16	Катод 10-го фотодиода
17	Катод 8-го фотодиода
18	Катод 6-го фотодиода
19	Катод 4-го фотодиода
20	Катод 2-го фотодиода
21	Охранное кольцо
22	Анод