Отечественный модульный высокоскоростной соединитель стандарта VPX (VITA 46) от АО «РАДИАНТ-ЭК»

Денис БАКАНИН
d.bakanin@ranet.ru
Вячеслав ШАЛОМАНОВ

Компания «РАДИАНТ-ЭК» в рамках импортозамещения осваивает номенклатуру модульного высокоскоростного соединителя, соответствующего международному стандарту VPX, с монтажом на плату методом запрессовки по технологии Press Fit. В статье описаны разрабатываемые модули, их применение, электрические параметры и возможность измерения скорости передачи данных.

Современные радиолокационные установки, эхолоты, системы ультразвуковой диагностики и обработки изображений генерируют потоки данных, которые необходимо накапливать, анализировать и распределять по потребителям без единой ошибки. Авиационные приложения и транспортные системы контроля безопасности тоже отличаются значительными объемами информации, пользуясь которой оператор становится более осведомленным о текущей обстановке и может принимать более обоснованные решения. Необходимость массового распространения данных по информационным сетям порождает потребность в более высокой производительности обработки и широкой полосе пропускания каналов связи.

Вместе с этим изменяются и требования к техническому обслуживанию и сопровождению эксплуатируемых систем. От типовых элементов замены требуется очень высокая механическая надежность, для того чтобы замену можно было осуществлять в любых, даже самых суровых, условиях эксплуатации. Идеальным решением в случае отказа компьютерной системы считается замена не всей системы целиком, а только отказавшего компонента: процессорного модуля, платы ввода/вывода или источника питания. Это также порождает повышенные требования к эксплуатируемым в неблагоприятных условиях системам на основе серийных компонентов [1].

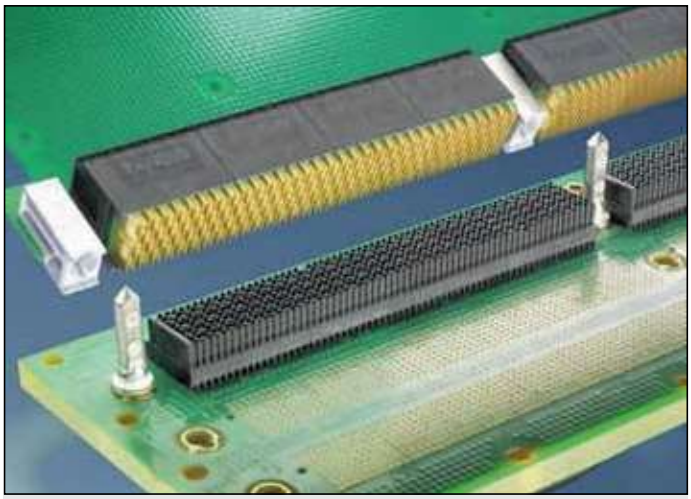

Рис. 1. Межплатный модульный высокоскоростной соединитель

С ростом объемов обрабатываемой и передаваемой информации становится все более актуальной проблема высокоскоростной передачи данных. Она, как правило, предполагает наличие между узлами линии передач соединения с высокой пропускной способностью.

В связи с актуальностью вопроса, имея существенный научно-технический задел в области радиоэлектроники, АО «РАДИАНТ-ЭК» приступило к выполнению опытно-конструкторской работы по проектированию и освоению серийного производства межплатного модульного высокоскоростного соединителя, предназначенного для построения современных высокопроизводительных систем передачи данных между периферийными и несущими платами, магистральные соединительные шины которых соответствуют стандарту VPX (VITA 46). Направление данной работы является перспективным и соответствует «Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года».

Разрабатываемый отечественный соединитель является полным аналогом и предназначен для замены импортного модульного соединителя серии MultiGig RT2 фирмы TycoElectronics (США). Общий вид межплатного модульного высокоскоростного соединителя представлен на рис. 1.

Соединитель состоит из вилки и розетки двух типоразмеров (3U и 6U), собранных из модулей, с числом контактных линий:

- со стороны монтажной части вилки до 277 для исполнения 3U и до 725 для исполнения 6U;
- розетки до 357 для исполнения 3U и до 933 для исполнения 6U.

Монтаж соединителя (вилки и розетки) осуществляется запрессовкой в отверстия печатной платы методом пресс-фит (Press-Fit).

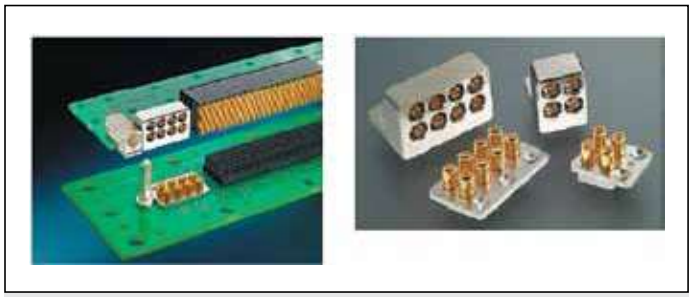

Рис. 2. Радиочастотные модули VITA 67

Таблица 1. Перечень номенклатуры модулей разрабатываемого соединителя

Наименование модуля	Аналог MultiGig RT2	Общий вид	Описание
Гнездо	1-1469492-1		Механические направляющие элементы, позволяющие производить точное сочленение частей разъема, с функцией предотвращения электростатического разряда. Материал: сплав алюминия с износостойким никелевым покрытием
Штырь направляющий	1-1469491-2		
МВ0 — комбинированный модуль вилки с 56 контактными линиями (вставки: 3 силовые, 2 дифференциальные, 3 небалансные сигнальные)	1410189-3		Модули платы расширения, угловой монтаж в торец платы методом пресс-фит. Материалы: печатных вставок — стеклотекстолит; контактов пресс-фит — бериллиевая бронза с локальным покрытием: золото с подслоем никеля (контактная часть) / олово–свинец (участок пресс-фит); корпуса: жидкокристаллический полимер (LCP) стеклонаполненный
МВД1 — модуль вилки со 112 дифференциальными контактными линиями (16 вставок)	1410187-3		
МВС1 — модуль вилки со 112 небалансными сигнальными контактными линиями (16 вставок)	1410190-3		
МР0 — модуль розетки с 72 контактами	1410186-1		Модули основной (материнской) платы, прямой монтаж на печатную плату методом пресс-фит. Материалы: контактных пружин — бериллиевая бронза с локальным покрытием: золото с подслоем никеля (контактная часть) / олово–свинец (участок пресс-фит); корпуса: жидкокристаллический полимер (LCP) стеклонаполненный
МР1 — модуль розетки со 144 контактами	1410140-1		
МР2 — модуль розетки со 144 контактами автономный	1410142-1		

Соединитель может быть укомплектован радиочастотными модулями (рис. 2) типа SMPM (по MIL-STD-348B) с диапазоном частот до 40 ГГц с числом вставок (VITA 67):

- до 8 для исполнения 3U;
- до 40 для исполнения 6U.

Перечень номенклатуры модульного соединителя, осваиваемой АО «РАДИАНТ-ЭК», представлен в табл. 1.

Помимо высокоскоростных модулей АО «РАДИАНТ-ЭК» совместно с АО «Иркутский релейный завод» осваиваются радиочастотные вставки, номенклатура которых приведена в табл. 2.

Модульный соединитель может осуществлять передачу цифровых сигналов как по дифференциальным парам, так и по сигнальным печатным проводникам, а также питание устройств как на материнской, так и на дочерней плате. Контактные модули, выполненные на печатных платах, могут быть разработаны и изготовлены индивидуально согласно требованиям конкретного заказчика. В ходе разработки соединителя можно варьировать такие параметры, как волновое сопротивление, уровень перекрестных помех и задержка распространения сигнала.

Таблица 2. Перечень номенклатуры разрабатываемых радиочастотных вставок

Наименование РЧ-вставки	Импортный аналог	Общий вид	Описание
Розетка подпружиненная	1996771 TycoElectronics		Розетка кабельная прямая подпружиненная под зарубежный кабель 0,047″ и отечественный кабель РК 50-0,6-22; РК 50-0,6-23
Вилка прямая	2101012-1 TycoElectronics		Вилка кабельная прямая с полным типом сочленения под зарубежный кабель 0,086″ и отечественный кабель РК-50-1,5-22; РК-50-1,5-21-С
Розетка подпружиненная	3221-40066 Amphenol SV Microwave		Розетка кабельная прямая подпружиненная под зарубежный кабель 0,086″ и отечественный кабель РК-50-1,5-22; РК-50-1,5-21-С
Переход вилка–вилка	SF1132-6067 Amphenol SV Microwave		Переход вилка–вилка с полным и скользящим типами сочленения с разных сторон
Переход розетка–розетка	3290-4002 Amphenol SV Microwave		Переход розетка–розетка предназначен для соединения с вилками с полным и скользящим типами сочленения
Вилка	3211-60035 Amphenol SV Microwave		Вилка для монтажа в торец печатной платы со скользящим типом сочленения

Печатные проводники имеют следующие преимущества:

- меньше искажений при передаче сигнала;
- меньше электромагнитных помех;
- слабая взаимная связь между соседними проводниками.

Взаимная и последовательная индуктивность, а также паразитная емкость сильно влияют на высокоскоростную передачу цифровых сигналов. Собственная последовательная индуктивность и паразитная емкость снижают скорость передачи данных, а взаимная индуктивность является причиной возникновения перекрестных помех.

В основном, модульные соединители используются в многоотводных шинах, что обуславливает жесткие требования к их эксплуатационным характеристикам. При прохождении по шине сигнал испытывает искажения по большей части за счет образования паразитных емкостей. Поэтому принято считать, что модульные соединители должны обладать наименьшей емкостью, пусть даже и повышенной паразитной индуктивностью. Монтаж соединителя методом пресс-фит позволяет снизить паразитную емкость по сравнению с пайкой.

Для того чтобы разработчику сигнальной линии дать полный набор инструментов для постройки интерфейса, проектируется ряд типовых соединительных печатных плат для передачи разного типа сигналов (рис. 3):

- дифференциальный сигнал;
- небалансный сигнал с соотношением выводов сигнал/земля 2:1;
- комбинированные сигналы;
- силовые (питание).

Все печатные платы двухслойные с толщиной 0,35–0,42 мм. По запросу заказчика будут разрабатываться и поставляться уникальные сигнальные подложки.

Контакты пресс-фит (рис. 4) будут изготовлены методом штамповки из бериллиевой бронзы с покрытием участка пресс-фит олово–свинец; на контактных площадках — покрытие золото с подслоем никеля для обеспечения малого и стабильного переходного сопротивления.

При проектировании и изготовлении печатных плат под монтаж по технологии пресс-фит следует учесть, что требуемая толщина меди в сквозных металлизированных отверстиях под запрессовку больше, чем под пайку, а допуски на эту толщину более жесткие. Однако слиш-

Рис. 3. Варианты топологии контактных вставок

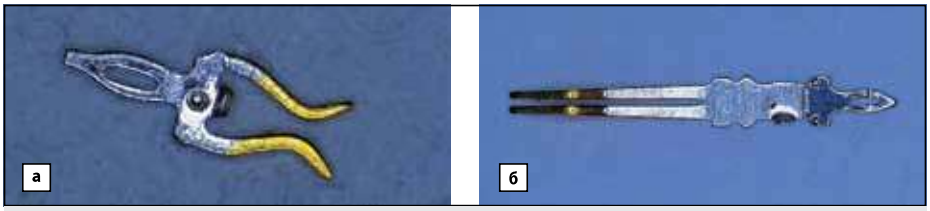

Рис. 4. Внешний вид контактов пресс-фит: а) контакт модуля вилки; б) контакт модуля розетки

ком толстая медная металлизация может привести к излишнему увеличению усилий при запрессовке. На металлизированные участки наносится оловянно–свинцовое покрытие, которое, как правило, играет роль металлорезиста при травлении рисунка, а кроме того, при запрессовке — «смазочного» покрытия. Оловянно–свинцовое покрытие не должно быть слишком толстым, так как в этом случае его частицы будут выдавливаться из отверстия запрессовываемым контактом и создадут опасность замыкания [5].

Также необходимо знать, что обе части разъема (вилка и розетка) устойчиво монтируются на плате толщиной минимум 1,4 мм.

Технические и технологические решения в процессе выполнения опытно-конструкторской работы обеспечат разрабатываемые соединители требуемыми электрическими параметрами, указанными в табл. 3.

Таблица 3. Электрические параметры соединителей

Наименование параметра, единица измерения (режим измерения)	Значение
Рабочее напряжение, В (амплитудное значение), не более	80
Рабочий ток на каждый сигнальный контакт соединителя при его равномерной нагрузке, А, не более	1
Рабочий ток на модуль питания соединителя при равномерной нагрузке, А, не более	6
Минимальное рабочее напряжение, В	1×10^{-3}
Минимальный рабочий ток на контакт, А	1×10^{-6}
Сопротивление контактов, мОм, не более	10
Электрическая прочность изоляции между любыми соседними контактами, а также между корпусом и близлежащим к нему контактами, В (амплитудное значение)	1000
Сопротивление изоляции между любыми контактами, любым контактом и корпусом (обоймой) соединителя, МОм, не менее	5000
Импеданс (полное сопротивление) для дифференциального сигнала, Ом	100
Скорость передачи данных, Гбит/с, не менее	10
Величина вносимых потерь на частотах до 3 ГГц, дБ, не более	1
Для радиочастотных вставок	
Предельная рабочая частота, ГГц	40
Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН), не более	1,6
Потери прямые, дБ, не более	0,55
Рабочее напряжение (амплитудное), В, не более	325
Переходное сопротивление, Ом, не более	0,06
Волновое сопротивление вставок, Ом.	50
Сопротивление изоляции между внутренним контактом и корпусом соединителя, МОм, не менее	5000
Электрическая прочность изоляции (ампл. значение), В	790
Экранное затухание вставок, дБ	–65

При разработке модуля с дифференциальными парами возникает вопрос о способе измерения скорости передачи данных.

В идеале для измерения симметричной линии передачи необходимо использовать прибор с симметричным подключением (портами).

Измерение обычно проводят с прибором с несимметричным подключением (порты на коаксиал) с переходом от несимметричных портов измерительного прибора к симметричным. Переход в простейшем случае может быть осуществлен согласующей схемой с использованием двух согласующих трансформаторов (балунов), но следует учитывать, что введение дополнительных схемных решений вносит погрешности и искажения [6].

Векторный анализатор цепей 4-портовый серии ZNB производит данное преобразование автоматически после настройки с использованием математического аппарата, что, в свою очередь, позволит измерить величину вносимых потерь и скорость передачи данных без погрешностей и перерасчетов. Четко выявить характеристики поможет анализ во временной области (опция ZNB-K2). Функциональным дополнением при исследовании компонентов высокоскоростных цифровых систем послужит возможность измерения глазковых диаграмм (опция ZNB-K20).

Глазковые диаграммы (рис. 5) предоставляют мгновенные визуальные данные, которые используются для проверки целостности сигнала и для выявления проблем на ранних стадиях процесса проектирования. В сочетании с другими измерениями, такими как частота битовых ошибок, глазковая диаграмма может предсказать производительность и определить возможные источники проблем.

Глазковая диаграмма — это один из самых главных индикаторов качества сигналов в высокоскоростных цифровых системах передачи. Осциллограф или векторный анализатор цепей формирует глазковую диаграмму, накладывая развертки различных сегментов длинного потока данных, управляемые главным источником синхронизации. Фронт запуска может быть положительным или отрицательным, но отображаемый импульс, который появляется после периода задержки, может идти в любом направлении; нет способов заранее узнать значение произвольного бита. Следовательно, когда наложено много таких переходов, положительные и отрицательные импульсы накладываются друг на друга. Наложение множества битов дает глазковую диаграмму, называемую так потому, что результирующее изображение похоже на глаз [7].

АО «РАДИАНТ-ЭК» обладает 30-летним опытом работы как с иностранными разработчиками и поставщиками компонентной базы, так и с отечественными, знает и понимает тенденции развития электроники и современных решений. Наработанный инженерный и поставочный опыт, позволяет

широко смотреть на запросы заказчика и решать их максимально эффективно, сохраняя при этом экономическую целесообразность. Компания исторически в основе работы с партнерами ставила инженерный подход, в первую очередь полное понимание линейки ЭКБ, и требований заказчика, чтобы совместно решать возникающие вопросы. Собственная испытательная лаборатория аккредитована в установленном порядке и укомплектована новейшим оборудованием, обеспечивающим весь цикл испытаний методами разрушающего и неразрушающего контроля.

Используя свой инженерно-технический ресурс, компания «РАДИАНТ-ЭК» планирует изготовление первой опытной партии межплатных модульных высокоскоростных соединителей с контактами пресс-фит к концу 2023 года.

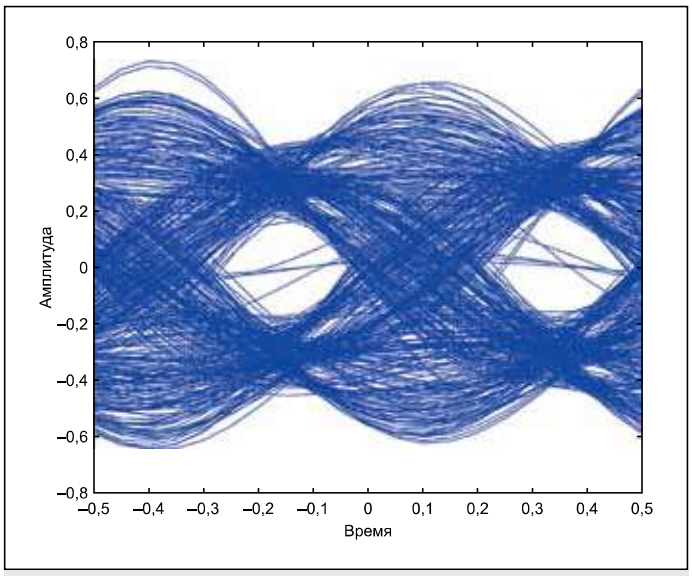

Рис. 5. Глазковая диаграмма

Литература

1. А. Тхорик. Технология будущего, доступная уже сегодня / Мир автоматизации. 2009. № 6.
2. Cooper R. OpenVPX: Architectures for High-Performance Embedded Computing. Thirteenth Annual Workshop on High Performance Embedded Computing (HPEC2009).— Massachusetts Institute of Technology, Lincoln Laboratory, 22–24 September, 2009 http://www.ll.mit.edu/HPEC/agendas/proc09/Day1/F2_1600_Cooper_presentation. pdf.
3. MULTIGIG RT Power Modules: Application Specification 114-13062 https://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=showdoc&DocId=Specification+Or+Standard%7F114-13062%7FB%7Fpdf%7FEnglish%7FENG_SS_114-13062_B.pdf%7F1-1410271-1
4. MULTIGIG RT, RT2, and RT2-R Signal Connectors: Application Specification 114-13056 // https://docs.rs-online.com/baf4/0900766b815b7e39.pdf
5. А. Медведев. Соединения Press Fit / А. Медведев — Текст: непосредственный // Компоненты и технологии. 2006. № 8.
6. А.П. Шестаков. Методика моделирования искажений в симметричной дифференциальной паре на основе экспериментальных данных / А.П. Шестаков — Текст: непосредственный // Известия Уральского федерального университета.
7. Основы глазковой диаграммы: чтение и применение глазковых диаграмм // https://radioprog.ru/post/681

измерительная аппаратура

Многоканальные тестеры батарей серии АКИП-6307

Компания Siglent представляет серию АКИП-6307 программируемых измерителей внутреннего сопротивления источников питания до 800 В (9 модификаций тестеров батарей): АКИП-6307, АКИП-6307-12, АКИП-6307-24 АКИП-6307/1, АКИП-6307/1-12, АКИП-6307/1-24 АКИП-6307/2, АКИП-6307/2-12, АКИП-6307/2-24.

По техническим характеристикам и основным параметрам — номиналам $U_{вх}$, диапазонам и разрешению базовые одноканальные приборы АКИП-6307, АКИП-6307/1 близки к настольным тестерам источников питания и батарей производства GW Instek модификаций GBM-73080 (±8, ±80 В) и GBM-73300 (±8, ±80, ±300 В).

Если в тестовом приложении не требуется обеспечить автономность применения, тестер АКИП-6307 может стать вариантом замены Fluke BT521.

Особенности:

- Функциональность «2 в 1»: измерение внутреннего сопротивления ($R_{вн}$) и входного постоянного напряжения источников питания ($U_{пост.}$).
- Поддержка всех типов химических источников тока: батарей и элементов питания, аккумуляторных батарей, систем резервного питания постоянного напряжения с целью анализа их состояния, оценки уровня заряженности и остаточного ресурса.
- Диапазон измерений $R_{вн}$: 0,1 мкОм – 3000 Ом (7 пределов).
- Измерение $U_{пост.}$:
  - АКИП-6307 в диапазоне 10 мкВ – 60 В (2 предела: 6/60 В),
  - АКИП-6307/1 в диапазоне 10 мкВ – 300 В (6/60/300 В),
  - АКИП-6307/2 в диапазоне 10 мкВ – 800 В (8/80/800 В).
- Высокое разрешение (от 0,1 мкОм), базовая погрешность ±0,3%.
- Варианты многоканального исполнения:
  - 12 каналов (АКИП-6307-12, АКИП-6307/1-12, АКИП-6307/2-12) или
  - 24 канала (АКИП-6307-24, АКИП-6307/1-24, АКИП-6307/2-24).

- Тестовый ток: 10/100 мкА, 1/10/100 мА (в зависимости от предела).
- Скорость измерения: 100 изм/с (макс.), всего четыре скорости.
- 4-проводная схема измерений, одновременное отображение двух параметров (внутреннего сопротивления и постоянное напряжения/R + V).
- Допусковый контроль при измерении $R_{вн}$ и $U_{пост.}$ с заданием пределов компарирования (лимиты в абсолютном/% значении) с визуальной и звуковой индикацией итога теста.
- Развернутое меню схемы запуска измерений.
- Автоматический и ручной выбор предела измерения, установка 0-показаний.
- USB на передней панели (запись/вызов данных, профилей настроек).
- Цветной ЖК-экран диагональю 9 см.

Тестеры батарей серии АКИП-6307 имеют полный набор интерфейсов ДУ (RS-232, RS-485, USB, LAN) и прикладные ресурсы программирования для интеграции прибора в автоматизированные испытательные комплексы и стенды. На задней панели предусмотрен выход сортировщика компонентов (HANDLER).

Испытания для целей утверждения типа СИ запланированы на I полугодие 2023-го (внесение серии АКИП-6307 в Госреестр СИ РФ).

https://prist.ru/