

# ПОДПРУЖИНЕННЫЕ КОНТАКТЫ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИГНАЛЬНЫХ, СИЛОВЫХ, КОАКСИАЛЬНЫХ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**smiths interconnect**  
bringing technology to life

## Введение

В статье описана технология пружинных контактов, их характеристики и особенности применения для построения различных типов соединения на примере контактов и соединителей компании Smiths Interconnect.




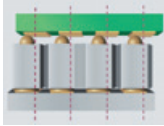

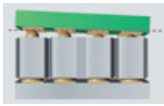

Рис. 1. Соединители на основе пружинных контактов

## Подпружиненные контакты Smiths Interconnect

Компания Smiths Interconnect является лидером в создании подпружиненных контактов и экспертом в области разработки соединителей на их основе. Применение таких контактов позволяет проектировать конструкции с компактной высотой соединения и высокой точностью сопряжения. Надежная конструкция подпружиненных контактов обеспечивает долговременный срок жизни соединителей и стабильность контакта вне зависимости от внешних воздействующих факторов, в частности ударов, вибрации, солевого тумана, пыли, нагрева. Низкое и высокостабильное контактное сопротивление предусматривает эффективное применение подпружиненных контактов как в цепях постоянного тока, так и для передачи высокоскоростных и высокочастотных сигналов. Этого удается достичь благодаря уникальности конструкции, которая обеспечивает короткий путь прохождения сигнала, не затрагивающий пружину внутри контакта. Компактные размеры контактов позволя-

ют спроектировать коннекторы высокой плотности, не требующие каких-либо специальных ответных соединителей и предназначенные для соединения вслепую, что обеспечивает возможность быстрого разъединения при ремонте или замене. Особенности соединения вслепую, которые допускают подпружиненные контакты, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Примеры отклонений в позиционировании соединяемых плат

	<b>СМЕЩЕНИЕ ПО ОСИ X</b> Контакты могут быть смещены по оси X, что не повлияет на качество подключения.
	<b>СМЕЩЕНИЕ ПО ОСИ Y</b> Контакты могут быть смещены по оси Y, что не повлияет на качество подключения.
	<b>СМЕЩЕНИЕ ПО ОСИ Z</b> Контакты задействованы в разных точках по оси Z (путь тока различной длины), при этом качество соединения остается высоким.
	<b>УГЛОВОЕ СМЕЩЕНИЕ</b> Платы соединены между собой с отклонением параллельности, при этом пружинные контакты обеспечивают надежное соединение без ухудшения качества.
	<b>ПОВОРОТНОЕ СМЕЩЕНИЕ</b> Контакты могут быть развернуты относительно центра контактных площадок.



## Основные преимущества подпружиненных контактов и компетенции Smiths Interconnect

Применение подпружиненных контактов дает следующие преимущества:

- низкое и стабильное контактное сопротивление в течение длительного срока эксплуатации;
- высокая целостность сигнала на частотах более 40 ГГц;
- компактные размеры соединителя;
- высокая пропускная способность по току на контакт;
- соотношение хода контакта к его длине достигает 1:3;
- надежная работа в условиях ударов и вибрации;
- большая долговечность контактов без ухудшения технических характеристик во время эксплуатации.

Широкий ассортимент исполнения контактов позволяет найти решение, подходящее для самых разных задач. Свободный выбор конструкции корпусов для соединителей на основе подпружиненных контактов предоставляет возможность эффективно использовать площадь печатной платы и упростить трассировку. Применение подпружиненных контактов позволяет сконструировать соединители с различными степенями защиты от внешних воздействующих факторов.

Применение готовых подпружиненных контактов помогает самостоятельно спроектировать и изготовить корпуса соединителей. Компания Smiths Interconnect также занимается разработкой решений по нормативам и техническому заданию заказчика. При этом учитываются требования к соединению, расположение контактов, необходимость или отсутствие уплотнительных прокладок, особенности установки контактов в соединителе и монтажа соединителя в изделии.

Индивидуальные решения способствуют обеспечению максимальной надежности и высоких эксплуатационных характеристик. На основе анализа применения заказанного соединителя и особенностей передаваемых сигналов можно выбрать конфигурацию контактов, среди которых доступны:

- коаксиальные контакты;
- дифференциальные пары;
- отдельные массивы сигнальных или силовых контактов.

Проектирование соединителей включает в себя следующие этапы:

1. Выбор типа подпружиненного контакта.
2. Выбор материала корпуса с учетом его диэлектрической проницаемости.
3. Компьютерное моделирование характеристик сигнала.
4. Учет дополнительных требований по размещению контактов, маркировке, упаковке.

## Особенности конструкции соединителей Smiths Interconnect на основе подпружиненных контактов

Точность позиционирования и высокое качество соединения достигается за счет прецизионных элементов корпуса. На рис. 2 представлены элементы, с помощью которых обеспечивается позиционирование, и различные контактные группы под возможные типы сигналов.

Монтаж таких соединителей в зависимости от выбранных контактов может быть двух типов:

1. Поверхностный монтаж — вариант установки пайкой соединителя на одну из соединяемых плат.
2. Монтаж без пайки — соединитель фиксируется между двух плат с помощью направляющих и контакт достигается за счет сжатия.

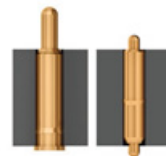


Рис. 3. Типы контактов

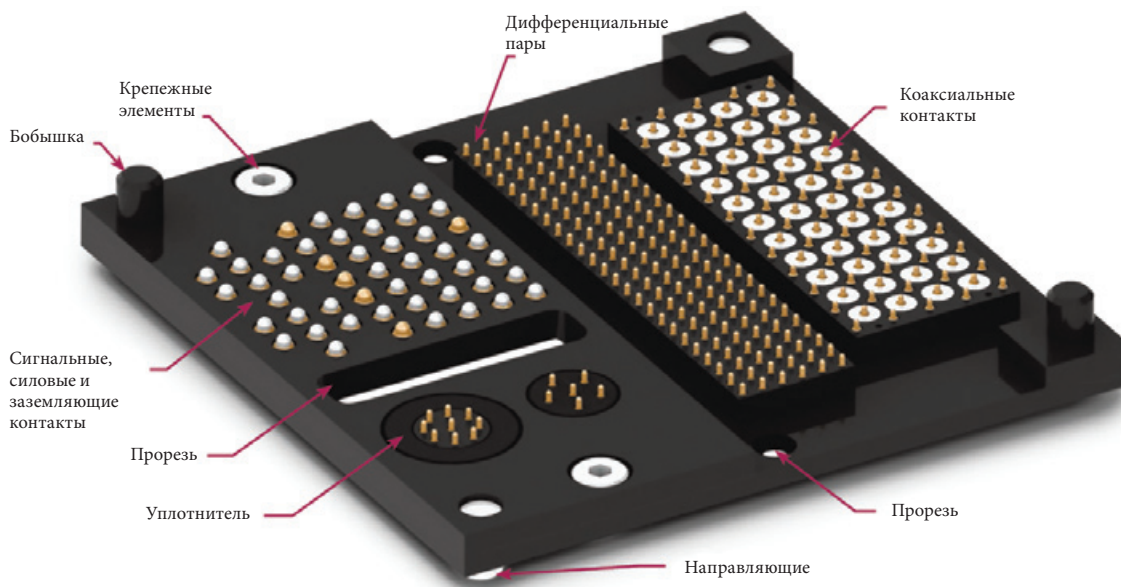


Рис. 2. Соединитель с различными контактными группами

В зависимости от нужного типа монтажа выбирают соответствующие контакты: контакт для поверхностного монтажа или двухсторонний контакт.

Корпуса соединителей могут быть выполнены двумя способами. Первый подразумевает жесткую фиксацию тела контакта в отверстии корпуса, второй способ предполагает использование корпуса из двух частей, в отверстиях которых контакт может перемещаться до определенной степени свободно. На рис. 4 показаны оба исполнения корпуса.

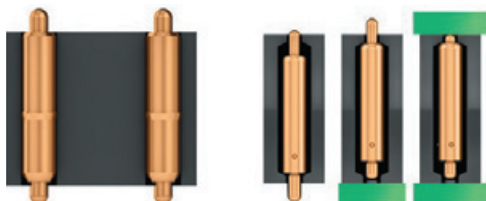


Рис. 4. Варианты установки контактов в корпусе (слева — жесткая фиксация, справа — плавающий контакт)

Для изготовления корпусов Smiths Interconnect применяются различные материалы в зависимости от выбранного способа изготовления.

При изготовлении фрезерованием используются:

- PEI — полиэфиримид, например Ultem;
- PAI — полиамид-имид, например Torlon;
- латунь;
- алюминий.

Для изготовления литых корпусов могут быть использованы:

- LCP — жидкокристаллический полимер, например Vectra;
- PPA — полифталамид, например Amodel;
- PPS — полифенилсульфид, например Ryton.

### Технические характеристики пружинных контактов

В этой части статьи приведены результаты тестирования подпружиненных контактов (партиномер 102197-000), размещенных в 128-контактном соединителе, установленном на площадке печатной платы с толщиной золочения 1,27 мкм. Другая сторона соединителя подключалась к медной пластине с золочением. Измерения контактного сопротивления

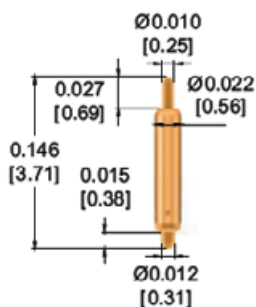


Рис. 5. Контакт 102197-000 и его характеристики

проводились по методу Кельвина согласно стандарту EIA-364-23. Контакты, установленные в корпус из Ultem 2000 (высокоэффективный термопластичный полимер, усиленный стекловолокном), последовательно прошли термоциклирование, испытания на удары и вибрацию. Другие типы подпружиненных контактов продемонстрировали схожие результаты испытаний с различиями, связанными лишь с особенностями конструкции, диаметром, длиной и усилием сжатия пружины.

### Термоциклирование

В процессе термоциклирования начальная температура окружающей среды составляла 50 °С, в которой соединитель находился в течение 24 ч. После этого изделие подвергалось циклическому воздействию температур -55...+125 °С с изменением температуры в течение 3–5 мин. Затем соединитель выдерживался при крайних значениях температуры в течение 1 ч. Сопротивление контактов измерялось каждые 10 мин.

### ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИЕ

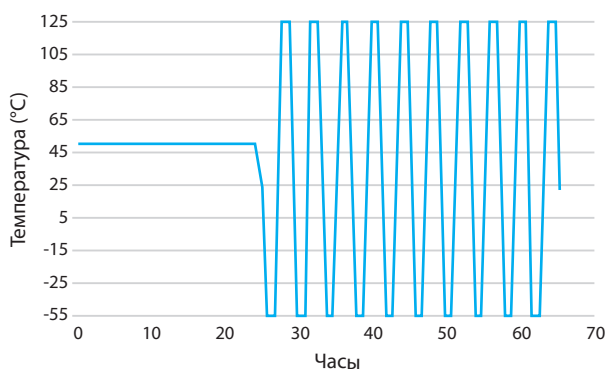


Рис. 7. График термоциклирования

Результаты испытания:

1. Отсутствие разрыва электрической цепи.
2. Типовое сопротивление контакта: не более 30 мОм.
3. Максимальное сопротивление контакта: не более 50 мОм.

### Вибростойкость и ударопрочность

Испытания на вибрацию проводились с помощью воздействия на соединитель синусоидальной вибрации в соответ-

Параметры	
Минимальный шаг	1,02 мм
Рабочий ток	6 А
Усилие пружины	40 гр
Типовое сопротивление контакта	< 75 мОм
Максимальный ход контакта	0,51 мм
Рабочий ход контакта	0,36 мм
Материалы	
Материал гильзы	Золоченый нейзильбер (42-70% Cu; 8-41% Zn; 14-35% Ni)
Пружина	Золоченая нержавеющая сталь
Плунжер и наконечник	Золоченый бериллиево-медный сплав

ствии со стандартом EIA-364-28D Method IV, пиковая вибраторная нагрузка составляла 20g. Изделие было зажато между двумя печатными платами. Целостность электрической цепи контролировалась во время вибрации при токе 100 мА, за разрыв соединения принималось любое нарушение контакта, превышающее 1 мкс. Частота вибрации изменялась в пределах 10–2000 Гц в течение 20 мин на протяжении 12 циклов на каждую из трех перпендикулярных осей, по 4 ч на ось.

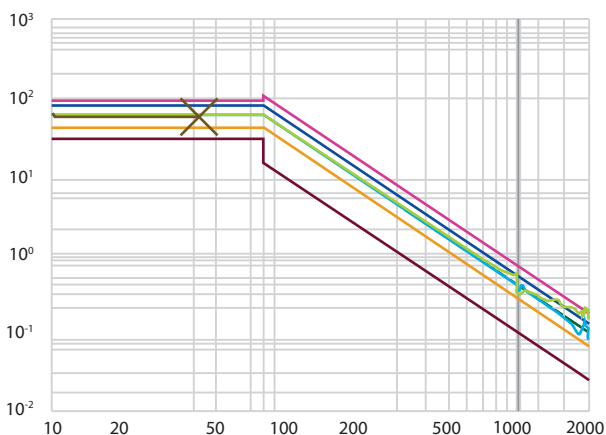


Рис. 8. Испытания на вибростойкость

В результате испытаний нарушений контактирования или внешних повреждений выявлено не было.

После испытаний на воздействие вибрации тот же самый соединитель подвергался ударной нагрузке по каждой из осей. Форма ударного импульса — полусинусоида с ускорением 50g длительностью 11 мс, в процессе испытаний было произведено 9 ударов. Точность установления амплитуды удара находилась в пределах 15% погрешности. Критерии целостности сигнала использовались такие же, как и в предыдущих испытаниях.

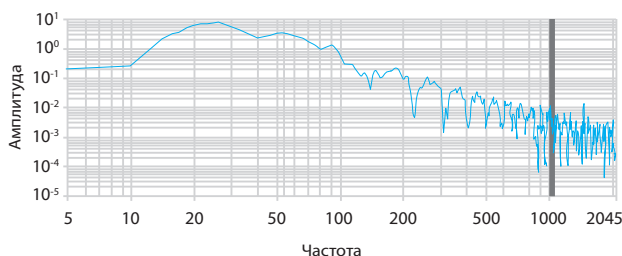
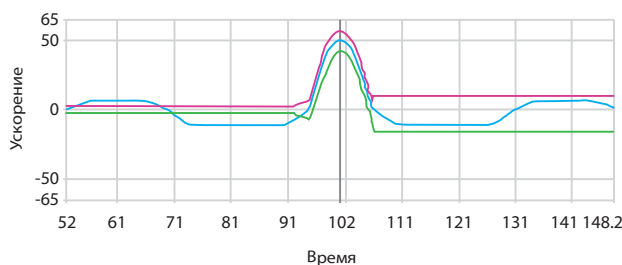


Рис. 9. Испытания на ударную нагрузку

Соединитель прошел испытания, не показав нарушения контакта и видимых физических повреждений.

### Сопротивление контакта

Испытание на определение зависимости сопротивления контакта от усилия сжатия (англ. Dynamic Force Deflection Resistance, FDR) заключается в том, чтобы охарактеризовать связь между усилием сжатия контакта и его сопротивлением. Как правило, сила сжатия контакта и сопротивление имеют обратную зависимость: так, с ростом прижимного усилия уменьшается контактное сопротивление. График зависимости приведен на рис. 10.

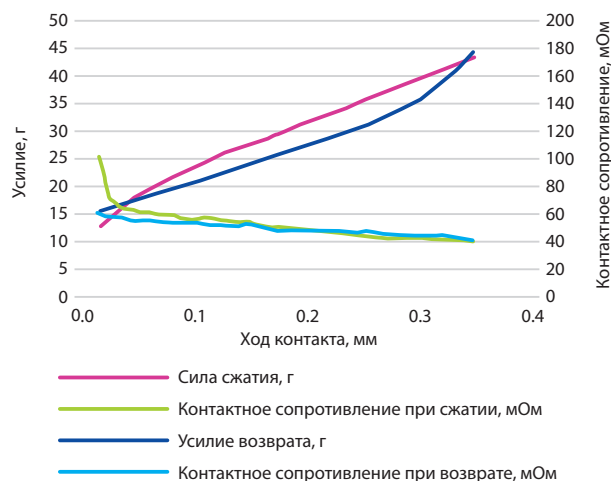


Рис. 10. График зависимости сопротивления контакта от усилия сжатия

### Нагрузочная способность по току

Нагрузочная способность по току определяется в соответствии с методикой стандарта IEC-512-3 в специальной камере, защищающей пружинный контакт от влияния внешних воздушных потоков. На контакт были установлены две термопары J-типа, которые регистрировали его собственную температуру. Третья термопара измеряла температуру окружающей среды внутри камеры. Ток через подпружиненный контакт увеличивался на 1 А каждые 5 мин, пока превышение собственной температуры контакта над температурой окружающей среды не достигало 80 °С. В результате испытания нагрузочная способность по току превысила 6 А.

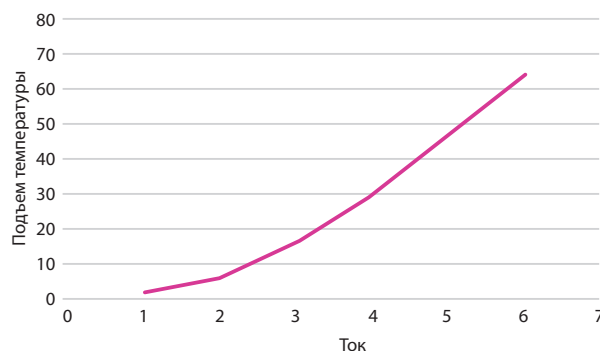


Рис. 11. Нагрузочная способность по току

### Количество срабатываний

Ресурс по числу срабатываний подпружиненного контакта определяется количеством полных циклов соединения/разъединения, по обыкновенной методике испытаний на долговечность. Соединитель был смонтирован на печатную плату, и одна из его поверхностей подвергнута 10 000 циклов соединения/разъединения. Оценка осуществляется измерением контактного сопротивления через определенные интервалы времени (методика стандарта EIA-364-23).

Результаты испытания:

1. Среднее сопротивление: 30 мОм.
2. Стандартное отклонение: 10 мОм.
3. 99,7% измерений показали сопротивление ниже 50 мОм.

### Высокоскоростной сигнал

Качество передачи дифференциального ВЧ-сигнала определялось с помощью симуляции в программе HFSS (программа от компании ANSYS для получения S-параметров). Для определения параметров дифференциальных пар использовался смоделированный массив контактов (рис. 12). Следует учесть, что в зависимости от необходимых характеристик конфигурация может быть изменена.

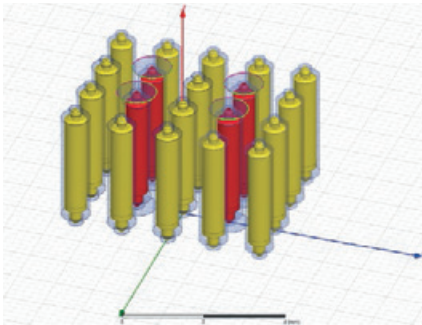


Рис. 12. Смоделированный массив контактов

Результаты испытаний проиллюстрированы на рис. 13 в виде графиков, полученных в программе. В результате симуляции достигнуты следующие результаты для исследуемого массива контактов:

1. Вносимые потери: -1 дБ на частотах выше 40 ГГц.
2. Затухание отражения: -20 дБ на частотах выше 30 ГГц.
3. Перекрестные помехи на ближнем конце (NEXT): более 50 дБ.
4. Импеданс: 102 Ом.

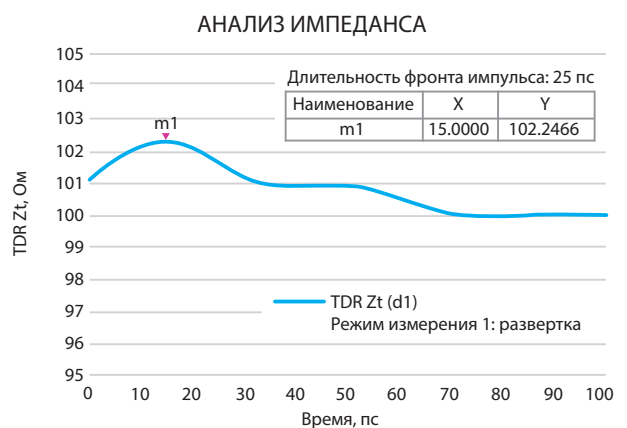
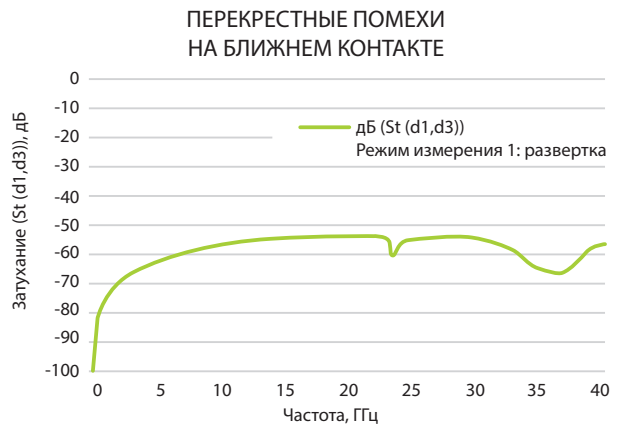
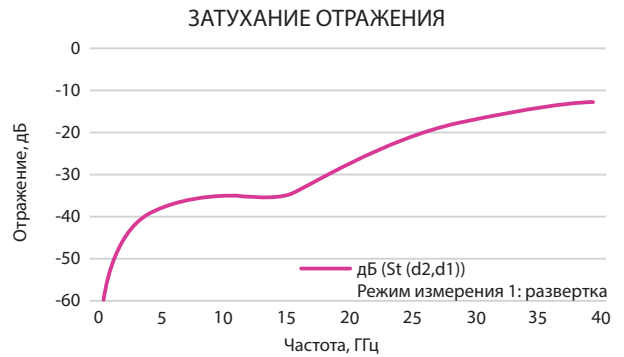
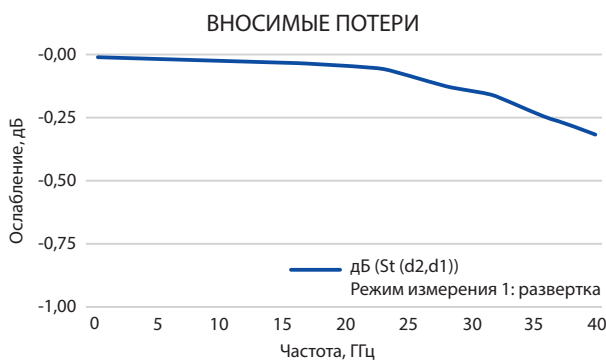


Рис. 13. Результаты симуляции в HFSS

### Высокочастотный сигнал

Работа подпружиненных контактов на ВЧ-сигнале также смоделировалась с помощью программы HFSS, в которой был собран массив псевдокоаксиального перехода (рис. 14). В симуляции использовалась круговая конфигурация контактов, где измеряемый подпружиненный контакт располагался в центре. В общем случае шаг установки и расположение контактов могут быть изменены и оптимизированы исходя из требований установки и качества сигнала.

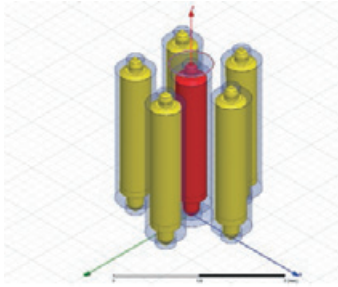


Рис. 14. Псевдокоаксиальное соединение



Рис. 15. Результаты симуляции в программе HFSS

Результаты испытаний приведены в графиках на рис. 15. Полученные в результате симуляции значения характеристик сигнала:

1. Вносимые потери:  $-1$  дБ на частотах более 25 ГГц.
2. Затухание отражения:  $-20$  дБ на частотах более 30 ГГц.
3. Волновое сопротивление: 52 Ом.

### Заключение

Компания Smiths Interconnect обладает большим опытом в создании соединителей с различными требованиями и применением различных технологий. Наряду с обыкновенными коаксиальными и дифференциальными соединителями для передачи ВЧ- и высокоскоростного сигнала Smiths Interconnect предлагает использование подпружиненных контактов, что позволит сэкономить место на плате, габариты самого устройства и упростит процесс обслуживания модулей. Smiths Interconnect имеет в своем портфолио множество готовых дизайнов соединителей, собранных с помощью подпружиненных контактов, среди которых, например, серия соединителей MLP1 на 30, 60, 90, 120 контактов. Подпружиненные контакты уже нашли применение в соединителях для подключения приемопередающих модулей в проекте одной из российских компаний, применившей подпружиненные контакты Smiths Interconnect в корпусе собственной разработки.

