

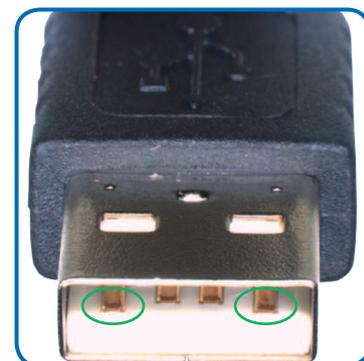
Белая книга

Опережающие контакты заземления в автомобиль- ной промышленности

Шанс уменьшить число отказов электрооборудования



Бесплатная раздача:
www.zvei.org/first-mate-last-break



Подборка отказов,
их причин и
решений



Выходные данные

Белая книга
Опережающие контакты заземления в автомобильной промышленности
Шанс уменьшить число отказов электрооборудования
Подборка отказов, их причин и решений

-----○

Издатель:

ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie e.V.
Fachverband Electronic Components and Systems (ECS)
Fachverband PCB and Electronic Systems
Lyoner Straße 9, 60528 Frankfurt am Main, Deutschland (Германия)
Тел.: +49 (0)69 6302 - 276
Факс: +49 (0)69 6302 - 407
Эл. почта: zvei-be@zvei.org
www.zvei.org/ecs

Бесплатная раздача:

www.zvei.org/first-mate-last-break

Контактное лицо в ZVEI:

д-р Штефан Гучлинг
Эл. почта: gutschling@zvei.org

Контактное лицо по техническим вопросам:

Председатель рабочей группы
Кристоф Тинель
Robert BOSCH GmbH
Engineering Integrated Circuits - Quality (AE/EIQ)
Postfach 13 42, 72703 Reutlingen, Deutschland (Германия)
Эл. почта: Christoph.Thienel@de.bosch.com

Источники изображений:

Franz Binder GmbH & Co. Elektrische Bauelemente KG
FCI Automotive Deutschland GmbH
HARTING KGaA
Lumberg Holding GmbH & Co. KG
Robert BOSCH GmbH
Zollner Elektronik AG
ZVEI e.V.

Оформление / титульный лист:

Патриция Лутц, ZVEI e.V.

Издание: июль 2011 г.

Несмотря на максимально возможную тщательность при составлении, мы не несем ответственности за содержание.

Все права, в частности, право на размножение и распространение, а также право на перевод сохраняются. Ни одна из частей данного документа не может воспроизводиться или размножаться и обрабатываться с использованием электронных систем без письменного разрешения фирмы ZVEI ни в какой форме (печатное издание, фотокопия, микрофильм или иным способом)

Члены рабочей группы по составлению Белой книги:

Analog Devices GmbH

Automotive Lighting Reutlingen GmbH

Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. KG

Delphi Deutschland GmbH

FCI Automotive Deutschland GmbH

Franz Binder GmbH & Co. Elektrische Bauelemente KG

Freescale Semiconductor Deutschland GmbH

HARTING KGaA

Hella KGaA Hueck & Co.

Infineon Technologies AG

Intedis GmbH & Co. KG

Keller Consulting Engineering Services

LEONI AG

Robert BOSCH GmbH

STMicroelectronics Application GmbH

TE Connectivity (прежнее название Tyco Electronics AMP GmbH)

Valeo Group Expertise and Services

Vishay Semiconductor GmbH

Webasto AG

Yazaki Europe Limited

Zollner Elektronik AG

Следующие фирмы также одобряют содержание Белой книги:

Continental Automotive, Division Interior

KOSTAL Kontakt Systeme GmbH

NXP Semiconductors Germany GmbH

Содержание

Пояснение терминов	4
Предисловие	5
1 Описание горячего подключения	6
2 Случаи отказов из-за горячего подключения	8
3 Меры по отключению штекерных систем	14
4 Сценарии внедрения	19
5 Подведение итогов	20
6 Приложение: примеры штекерных систем с опережающими контактами заземления	21

Пояснение терминов

Сокращения, используемые в электропроводке автомобиля:

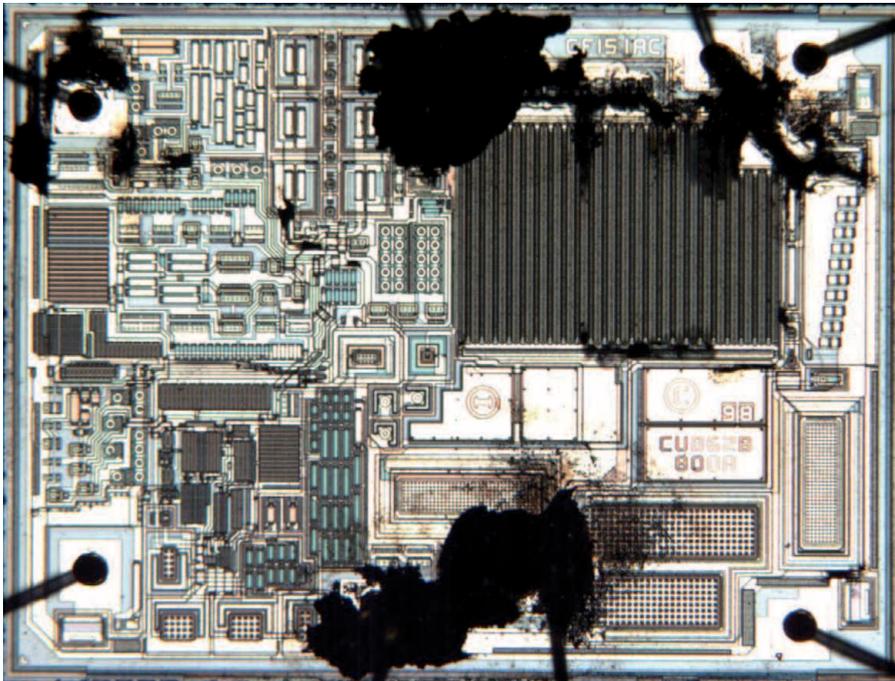
Клемма 31	контакт массы (минусовый полюс; как правило, шасси кузова)
Клемма 30	постоянное питание напряжением АКБ
Клемма 15	питание АКБ, подаваемое от Клеммы 30 через замок зажигания
Шина CAN	линии передачи данных в автомобиле для взаимодействия электронных компонентов
Шина LIN	линии передачи данных в автомобиле для взаимодействия электронных компонентов
Трансивер	электронная схема для отправки и приема данных
Горячее подключение	подключение и отключение под напряжением

Кроме того, при анализе отказов встречаются следующие сокращения:

ECU	блок управления (Electronic Control Unit)
EOS	электрическая перегрузка (Electrical Overstress)
ESD	электростатический разряд (Electrostatic Discharge)

Предисловие

При подключении/отключении штекеров блока управления (горячее подключение) полупроводники могут быть разрушены из-за электрической перегрузки (EOS).



Полупроводник, разрушенный в результате горячего подключения

Исследования фирмы Bosch показали, что существенную долю повреждений полупроводников в блоке управления автомобиля можно предотвратить посредством опережающих контактов заземления.

Под опережающими контактами заземления согласно обозначению "FMLB: First Mate – Last Break" мы понимаем контакты, которые первыми замыкаются или последними размыкаются при подключении соединения.

Эта Белая книга является экскурсом по теме "Опережающие контакты заземления в автомобильной промышленности".

У читателя имеется возможность изучить важные темы, связанные с конструкцией и внедрением штекеров с опережающими контактами заземления.

Несколько известных субпоставщиков (Tier1 и Tier2) изъявили желание представить соответствующий обзор и продемонстрировать общие варианты решений.

Внедрение опережающих контактов заземления в качестве дополнительной защиты электронного оборудования является важной предпосылкой для достижения безотказной работы оборудования в автомобильной промышленности.

1 Описание горячего подключения

Под **горячим подключением** понимается подключение и отключение контактных соединений в автомобиле или подсистемах (например, двери и т. д.) под электрическим напряжением.

Подобная ситуация **постоянно** встречается при производстве, эксплуатации, техобслуживании, ремонте и тюнинге автомобилей и не зависит от того, возникла она произвольно или непроизвольно. Это распространяется как на ЗАЖИГАНИЕ ВКЛ, так и на ЗАЖИГАНИЕ ВЫКЛ.

В подсистемах горячее подключение возникает, прежде всего, при тестировании, контроле и настройках.

Примеры подобных ситуаций:

- Монтаж/тест антенны
- Установка панели приборов
- Монтаж дополнительных компонентов (окно в крыше автомобиля, автономный отопитель, ...)
- Испытание двигателя на стенде
- Сборка двигателя
- Тесты фар после сборки
- Тест и монтаж дверей

1.1 Зажигание ВКЛ

При производстве и ремонте автомобилей в бортовую систему добавляются или извлекаются компоненты: **Горячее подключение**

1.2 Зажигание ВЫКЛ

Как правило, распространено **заблуждение**, что после выключения зажигания можно подключать и отключать любое соединение без ущерба для электроники, поскольку все компоненты автомобиля обесточены.

Однако бортовая сеть продолжает подавать напряжение на многие компоненты, несмотря на то, что ЗАЖИГАНИЕ ВЫКЛ. Блоки управления, которые питаются через клемму 30, даже в состоянии ЗАЖИГАНИЕ ВЫКЛ находятся под напряжением (в том числе режим ожидания).

Примеры (неполный список):

- Подушка безопасности в состоянии готовности
- Функция Coming Home (освещение продолжает работать)
- Стеклоподъемники
- Стояночный тормоз
- Устройство громкой связи
- Сетевой шлюз
- Вентиляция в салоне
- Система контроля в салоне

ОПИСАНИЕ ГОРЯЧЕГО ПОДКЛЮЧЕНИЯ

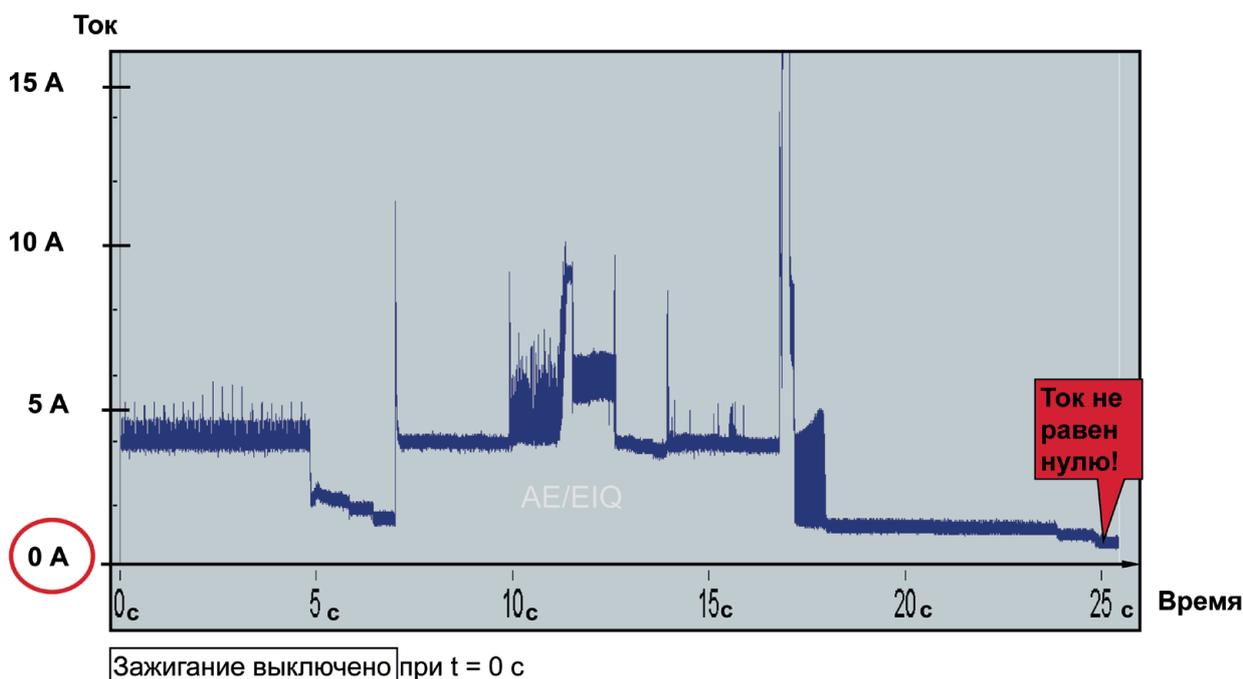
- Набор КИТ в багажном отсеке (США; обеспечивает открывание изнутри)
- Послеостановочное управление кондиционером и вентилятором радиатора
- Навигационная система
- Магнитола
- Дверные зеркала (складывание)
- Автономный отопитель
- Блоки управления обновляют записи о неисправностях
- Выполнение тестов с дроссельными заслонками
- Часы
- Системы допуска

После отключения зажигания в бортовой сети в течение нескольких минут протекают высокие токи. Любое подсоединение или отключение на данном этапе, может привести к тому, что в бортовой сети возникнут компенсационные токи. Эти компенсационные токи могут привести к повреждению или разрушению электронных компонентов: **Горячее подключение** (более подробная информация приведена в главе "2 Случаи отказов из-за горячего подключения").

Для наглядности может послужить следующее измерение тока в массовом проводе АКБ в современном автомобиле.

В течение нескольких минут проходит ток в диапазоне от 100 мА до нескольких ампер, отдельные пиковые значения еще выше.

Ток в бортовой сети после выключения зажигания долгое время не равен нулю.



Это означает: **в автомобиле систематически происходит горячее подключение.**

2 Случаи отказов из-за горячего подключения

В современных автомобилях многие блоки управления объединены друг с другом в сеть через шины обмена данными.

Поэтому, при горячем подключении, в блоки управления, которые не задействованы в подключении, часто протекают большие компенсационные токи, например, по шине данных, что приводит к их повреждению.

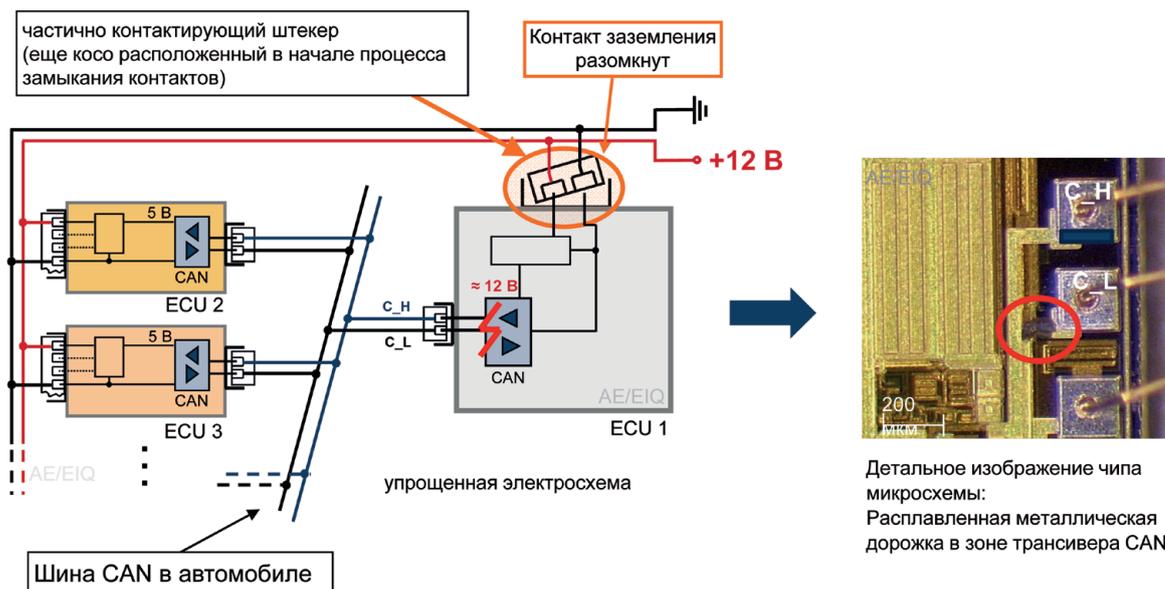
Как правило, подобное взаимовлияние мешает целенаправленному анализу отказов и определению истинной причины отказа разрушенных устройств.

Приведенные ниже реальные ситуации отказов предоставлены известными фирмами в качестве примера.

2.1 Пример: шина CAN

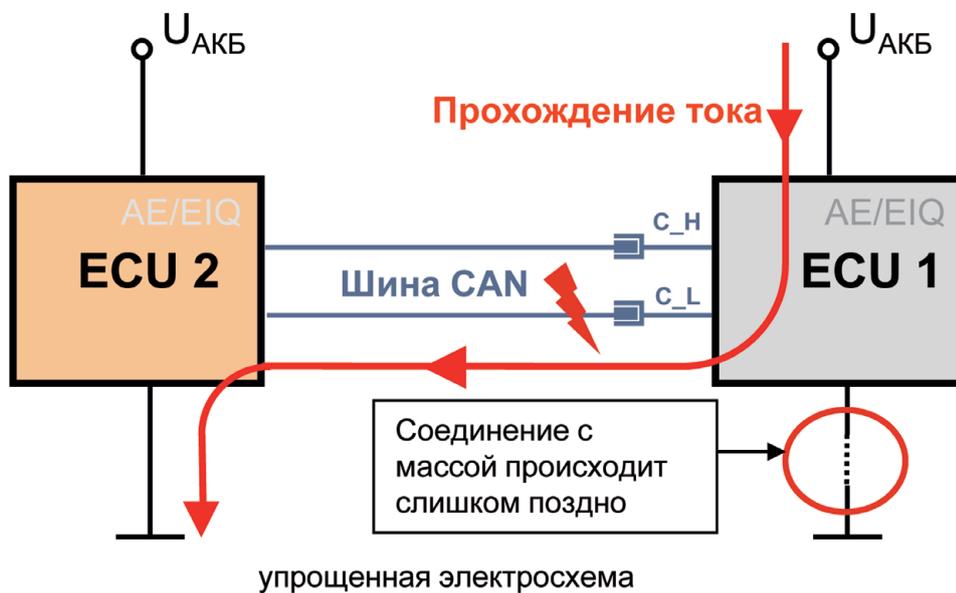
Описание механической части

Во время подключения под напряжением (**горячее подключение**) контакт заземления может замкнуться в последнюю очередь, если штекер косо вставлен в гнездо. В результате этого сначала отсутствует потенциал массы, а компенсационные токи вызывают повреждение полупроводниковых элементов.



ECU 2 уже установлен в автомобиле, а ECU 1 добавляется.

Коммутационная схема названного выше процесса



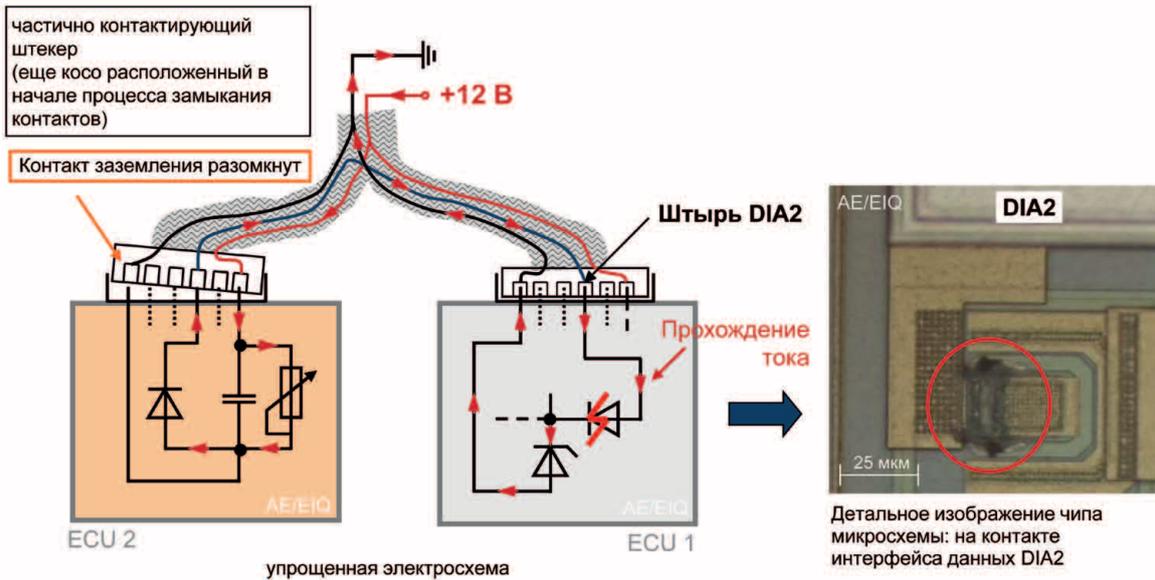
Подобному механизму отказа потенциально подвержены все электронные компоненты, соединенные через шины связи.

Анализ отказов зачастую осложнен также тем, что задействованные ECU изготовлены разными фирмами. Если ECU 2 не имеет повреждений, очень сложно выявить перегрузку ECU 1.

2.2 Пример: линия диагностики

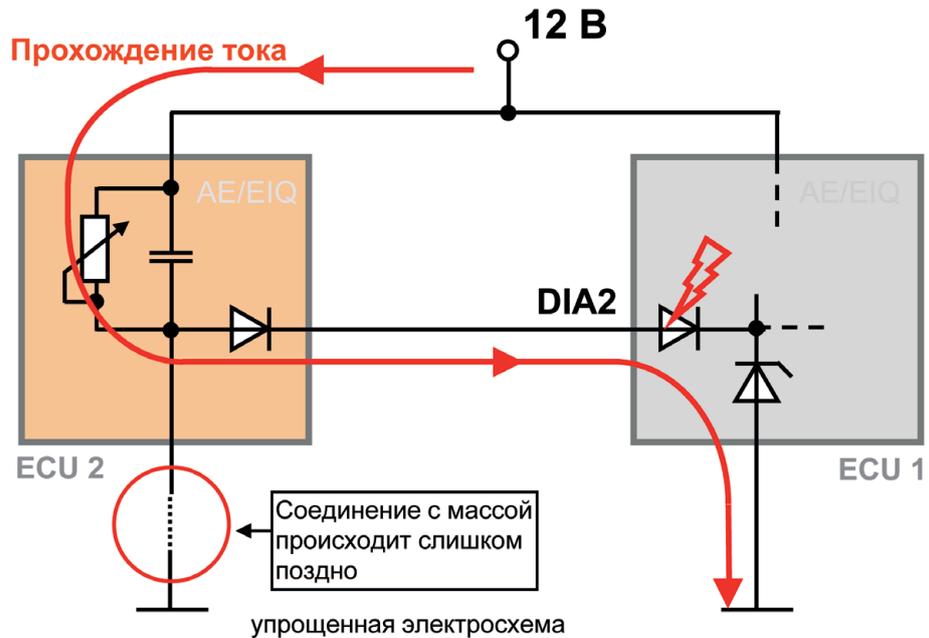
Описание механической части

Визуализация повреждения блока управления 1 во время подключения блока управления 2 из-за отсутствия потенциала массы при **горячем подключении**.



ECU 1 уже установлен в автомобиле, а ECU 2 добавляется.

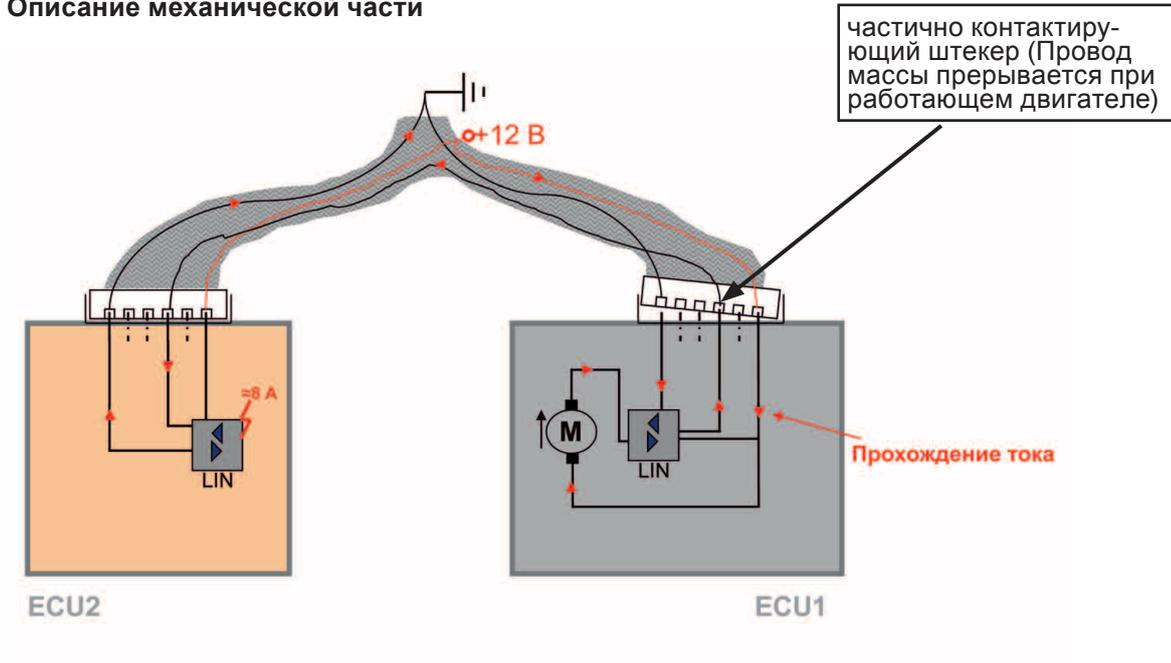
Описание электрической части



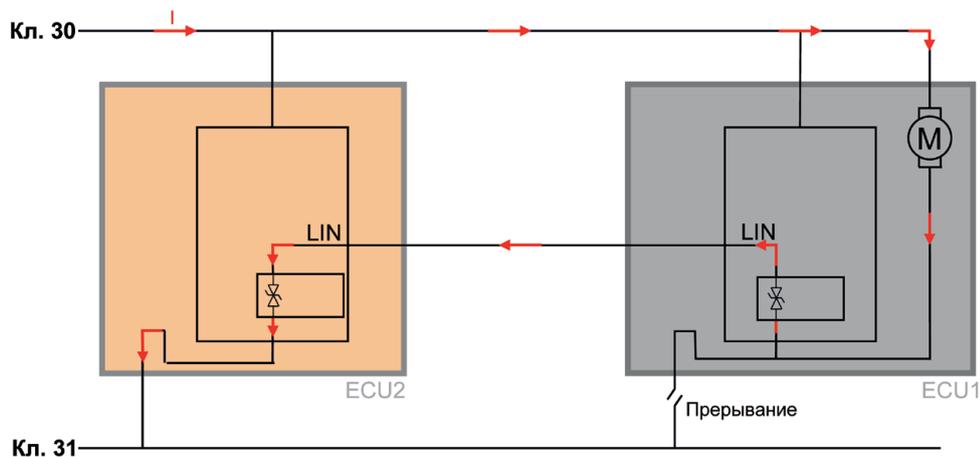
Во избежание повреждений необходимо вовремя устанавливать контакт заземления.

2.3 Пример: стеклоподъемники

Описание механической части



Описание электрической части

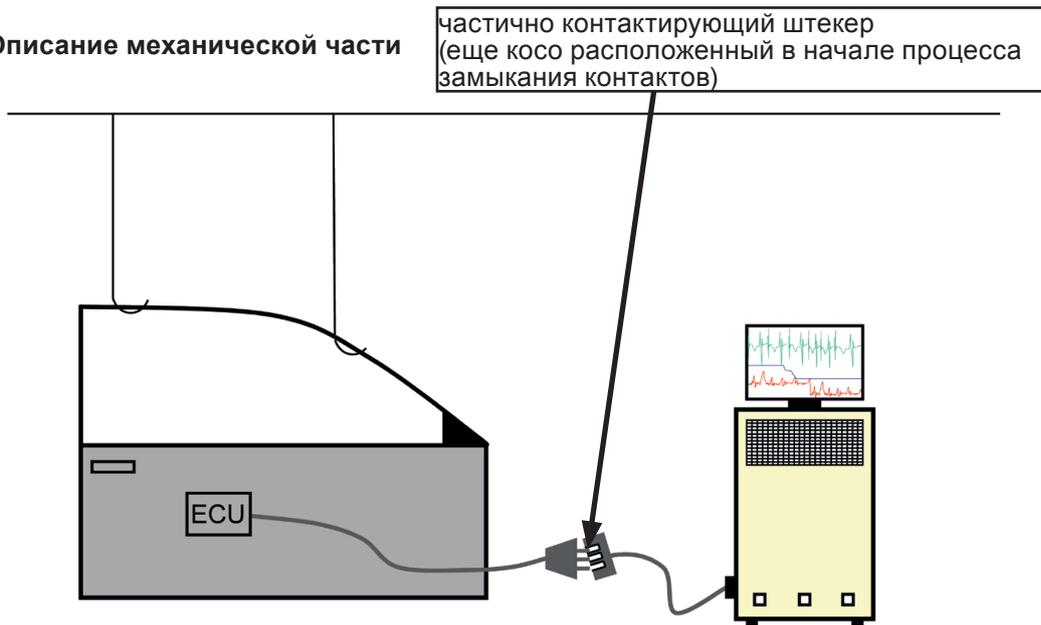


Контакт массы прерывается при работающем двигателе (**горячее подключение**). Возникающее в результате этого напряжение самоиндукции создает сдвиг потенциала в блоке управления ECU1.

Через шину LIN это смещение массы передается на ECU2 и может привести там к разрушению полупроводников.

2.4 Пример: монтаж дверей

Описание механической части

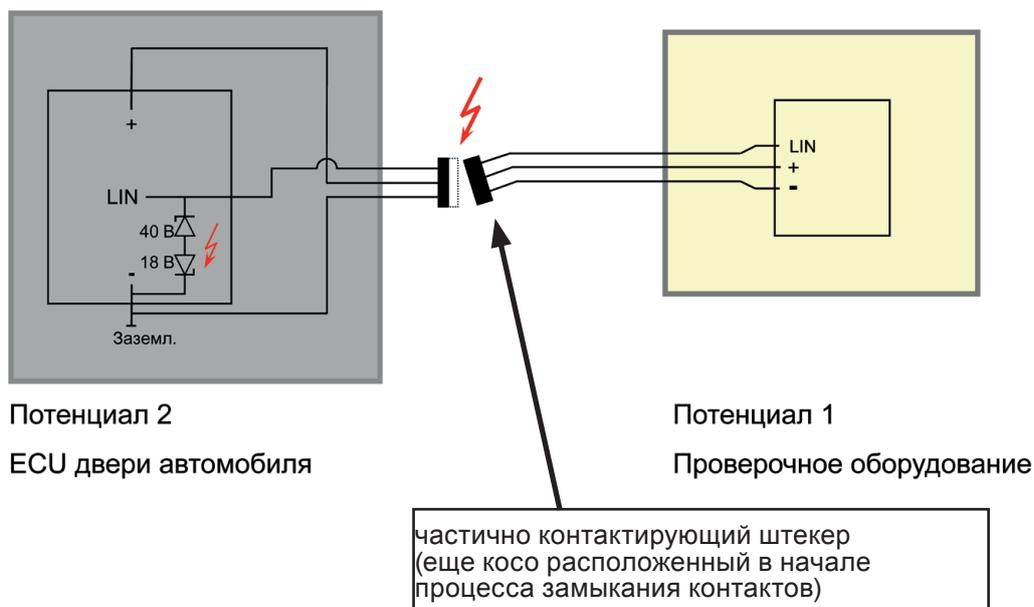


Дверь автомобиля с блоком управления (ECU)

Проверочное оборудование

При установке и проверке двери автомобиля из-за **горячего подключения** и отсутствия опережающего контакта заземления может произойти разрушение полупроводников в блоке управления.

Описание электрической части



Потенциал 2
ECU двери автомобиля

Потенциал 1
Проверочное оборудование

частично контактирующий штекер
(еще косо расположенный в начале процесса замыкания контактов)

Причиной является разность напряжений потенциалов массы между дверьми и проверочным оборудованием. Из-за различных потенциалов между установленным в дверях электронным оборудованием и проверочным оборудованием возникают компенсационные токи.

В примере компенсационный ток проходит через трансивер LIN, если контакт с LIN возникает раньше, чем с массой. Ток, проходящий через трансивер LIN, может повредить или разрушить его.

В целом действительно следующее:

Растущая плотность интеграции, уменьшение монтажного пространства и потребности в мощности требуют все более мелких структур полупроводников, что приводит к меньшим предельным нагрузкам EOS.

Важно

Повышенная защита от электростатических разрядов не помогает предотвратить или сократить повреждения из-за электрической перегрузки.

3 Меры по отключению штекерных систем

3.1 Очередность подключения/отключения при одном или нескольких штекерах (питание, сигнал)

3.1.1 Один штекер на электронном компоненте автомобиля или в жгуте проводов

При подключении необходимо убедиться, в первую очередь подключается контакт массы, а при отсоединении контакт массы размыкается в последнюю очередь (First Mate – Last Break).

3.1.2 Несколько штекеров на электронном компоненте автомобиля

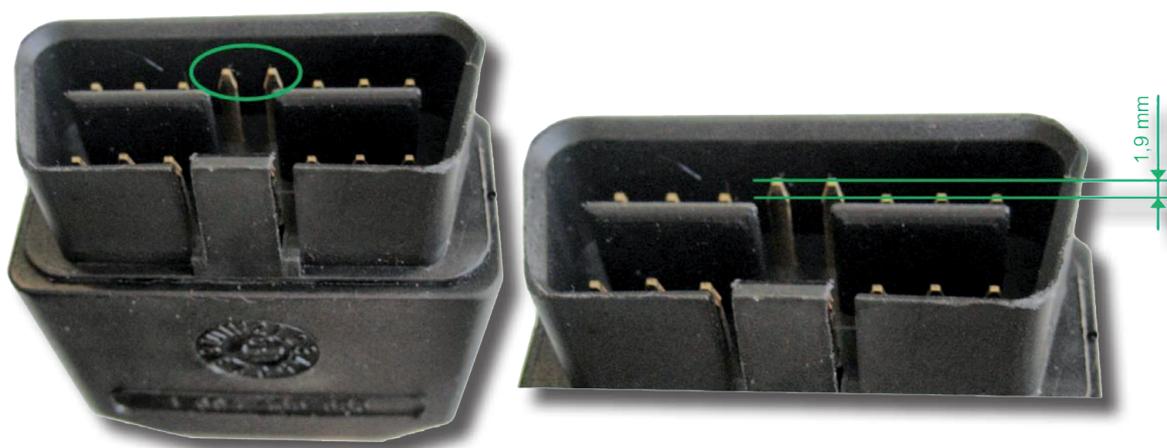
В каждом штекере и при каждом процессе подключения контакты массы должны замыкаться раньше, чем линии передачи данных, а при размыкании – в обратной последовательности.

3.2 Штекерные системы, используемые при производстве, эксплуатации, техобслуживании, ремонте и тюнинге автомобилей

3.2.1 Бортовая диагностика OBD II

Образцом является штекер OBDII. Он оснащен опережающими контактами заземления для надежного контактирования при включенном и выключенном зажигании и является на сегодняшний день единственным стандартизированным и повсеместно внедренным в автомобильной отрасли штекерным соединением, подготовленным для **горячего подключения**.

Более подробную информацию можно найти в ISO 15031-3.



Штекер OBD II с опережающими контактами заземления

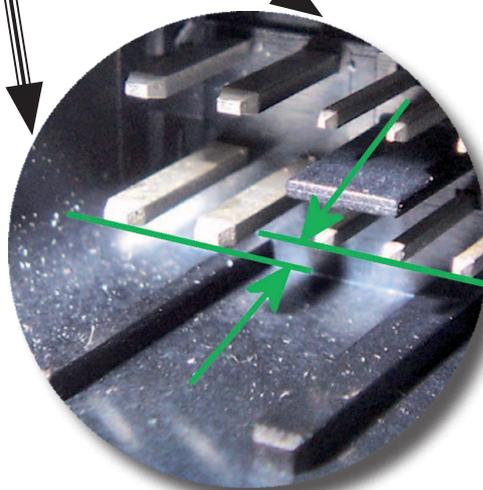
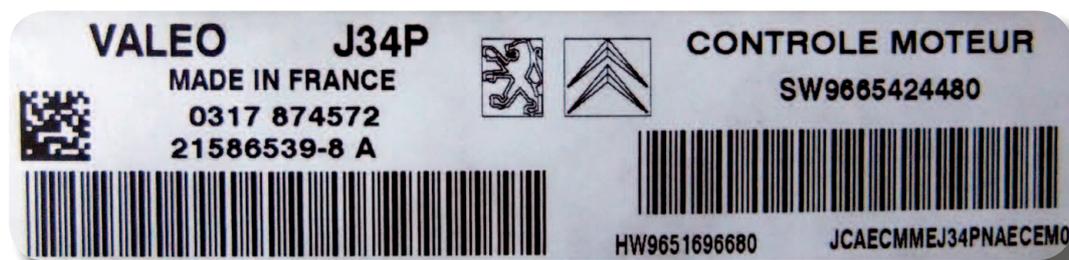
3.2.2 Прочие решения в автомобильной отрасли

В области информационно-развлекательных систем современных автомобилей в отдельных случаях встречаются USB-интерфейсы, которые, в свою очередь, стандартно оснащаются контактами различной длины для **горячего подключения**.



Крайне редко встречаются **блоки управления**, которые благодаря использованию опережающих контактов заземления подготовлены для **горячего подключения**.

Некоторые примеры:



Блок управления Valeo J34P для Peugeot/Citroën с опережающими контактами



Блок управления Bosch EDC16 для Peugeot/Citroën с опережающими контактами



Continental

Easy – U

A2C30907000

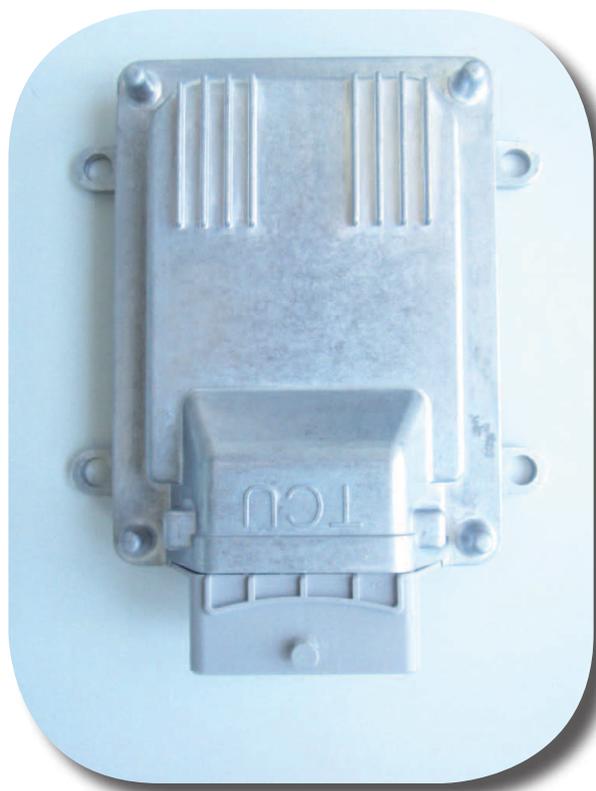
C 04.04.11/1 0164



3612000 – EG01A

Made in China

Блок управления Continental с опережающими контактами



Блок управления с китайского рынка с опережающими контактами

Обобщение

В отличие от представленных положительных примеров при всех других штекерных системах при горячем подключении возникновение и протекание компенсационных токов является делом случая. При этом, как описано ранее, может произойти перегрузка и разрушение электронных деталей блоков управления.

Дополнительные примечания

Для **всей цепочки процесса контактирования** требуются штекерные системы, гарантирующие принцип FMLB.

В качестве примера можно привести (неполный список)

- контрольные станции для программирования блоков управления
- любое изменение / дополнение при работах, производимых на площадках субпоставщиков
- кабельные удлинители, подключаемые между интерфейсами (например, при OBDII, если тестер находится слишком далеко)

Наряду с предварительными размышлениями о механической части следует определить необходимую **токовую нагрузочную способность** опережающих контактов. Как правило, опережающий элемент нагружается лишь кратковременно, поэтому небольшой нагрузочной способности может быть достаточно.

Если **опережение осуществляется на блоке управления**, можно с уверенностью исходить из того, что защита работает. Напротив, если опережающие контакты реализованы на штекере жгута проводов, то, в случае применения совместимых колодок жгута проводов другого производителя без опережающих контактов, блок управления и автомобиль больше не имеют защиты.

В качестве альтернативы для опережения контактов заземления при определенных условиях можно рассматривать как защиту электронных компонентов блоков управления применение защитных элементов.

Однако они сопряжены с **целым рядом недостатков**:

- защитные элементы стоят денег
- для монтажа элементов требуется пространство
- для защитных элементов требуется рабочее напряжение, или нужно учитывать падение напряжения
- применение защитных элементов снижает общую надежность
- уменьшается эффективность (например, шины CAN)

Используемые защитные элементы не могут быть полностью специфицированы, т.к. недостаточно точно известны разрушающие импульсы. Несмотря на затраты при использовании защитных элементов, имеется достаточно высокая доля риска отказа электронного оборудования.

4 Сценарии внедрения

4.1 Совместимость

Основная идея заключается в том, чтобы не изменять существующие изделия. В гораздо большей степени производители автомобилей должны требовать опережение контактов заземления в новых разрабатываемых изделиях и интерфейсах в автомобиле.

Тогда, с точки зрения расходов, не требуется модификация существующей системы, а опережение можно запланировать в новой конструкции с самого начала, что является технически и финансово оптимальным решением.

4.2 Текущее обсуждение жгута проводов в автомобиле и штекерных системах

В данный момент ведутся работы по изменению в области электропроводки автомобиля. Это является удобным моментом для повсеместного внедрения опережающих контактов заземления.

Примеры обсуждаемых изменений:

- производство жгута проводов все больше автоматизируется
- в ходе уменьшения поперечного сечения медных кабелей возможно провести изменение штекеров
- в жгуте проводов создаются новые интерфейсы для использования компонентов и агрегатов из других автомобилей или от других производителей
- некоторые провода заменяются алюминиевыми
- использование плоских ленточных кабелей
- внедрение новых систем шин данных (Ethernet)
- новые изделия, например, светодиодные фары

4.3 Потенциал экономии

Грубая оценка глобального потенциала экономии за счет внедрения штекерных соединителей с опережающими контактами заземления на примере 2011 года:

Производимые во всем мире автомобили	70 млн. шт.
Производимые во всем мире полупроводники для автопрома (микросхемы, контроллеры)	8,4 млрд. шт.

С учетом того, что благодаря использованию опережающих контактов заземления предотвращается **1 отказ на млн. изделий (1 ppm)**, а расходы на один отказ составляют в сумме 5 000 евро, получается следующая экономия:

Предотвращенные отказы (1 часть/млн из 8,4 млрд. полупроводников)	8 400 шт.
Общие расходы на отказ	5.000 €
Общие расходы на все отказы	42.000.000 €
Сэкономленная сумма на автомобиль (42 млн. евро / 70 млн.)	0,6 евро на автомобиль

Дополнительная экономия возможна за счет **стандартизации** этого нового интерфейса штекерного соединителя с опережающими контактами заземления.

5 Обобщение

Опережающие контакты заземления сегодня во многих отраслях промышленности помогают сделать процессы контактирования безопаснее.

Они обеспечивают заземление еще до замыкания сигнальных проводов и линий питания, что надежно защищает человека и электронное оборудование.

Данное преимущество может найти применение и в автомобиле.

Можно предотвратить большое количество отказов полупроводников из-за электрической перегрузки. Это особенно распространяется на неисправности крупных масштабов.

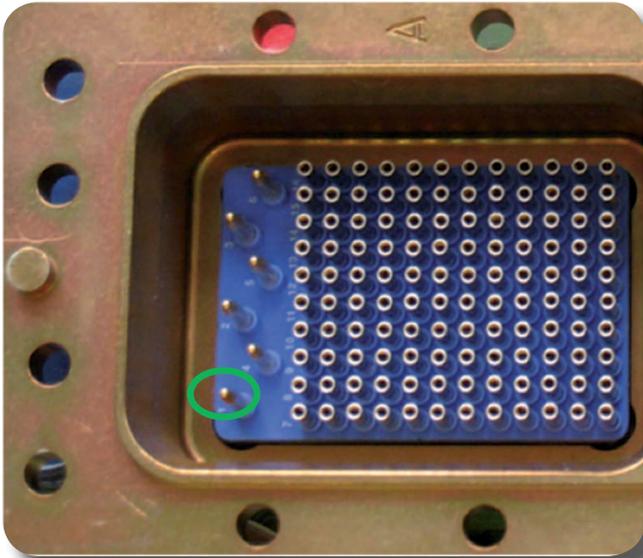
Таким образом, данная мера вносит существенный вклад в достижение безотказной работы оборудования.

Внедрение опережающих контактов заземления в различные штекеры должно быть инициировано производителями автомобилей ("top down"). Для этого всем участникам требуется определенное время на проработку.

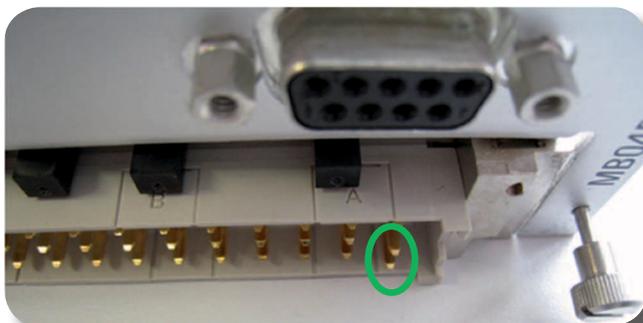
6 Приложение

Примеры штекерных систем с опережающими контактами из различных отраслей промышленности

6.1 Авиация



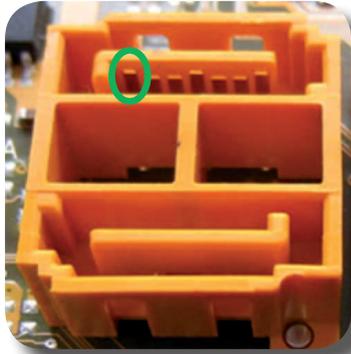
6.2 Железнодорожный транспорт



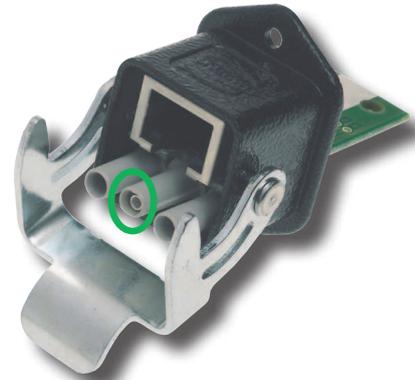
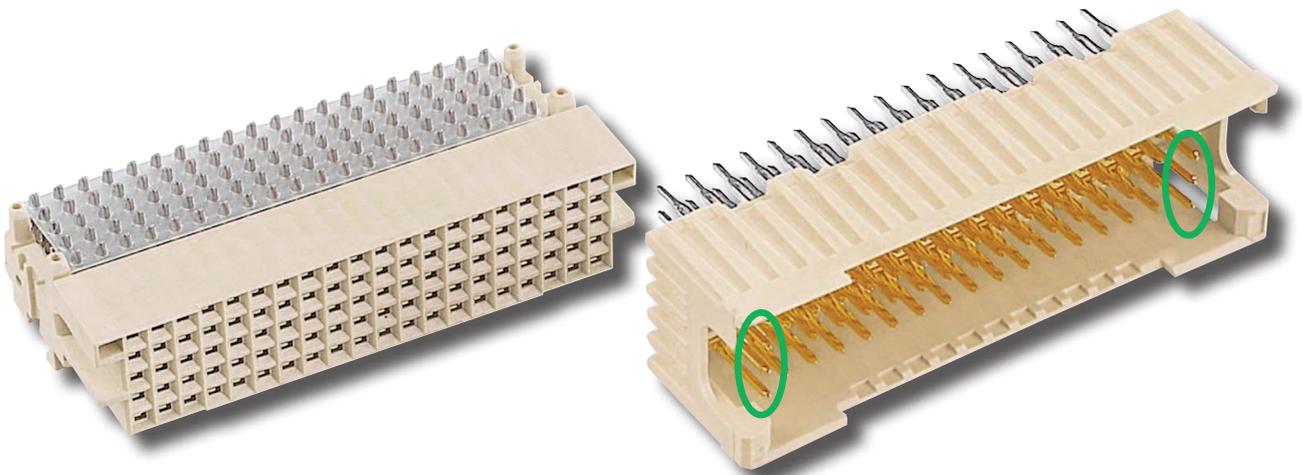
6.3 Бытовое энергоснабжение



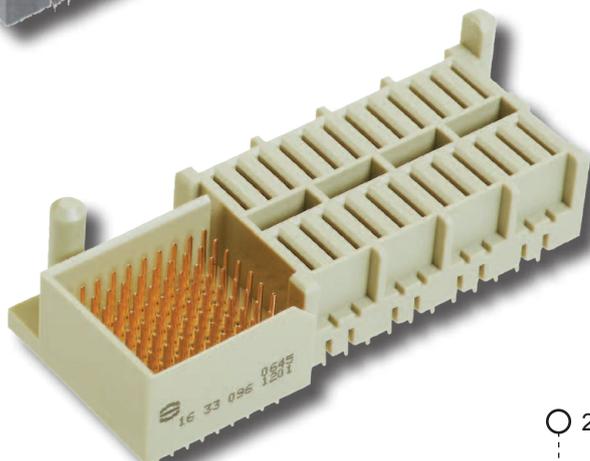
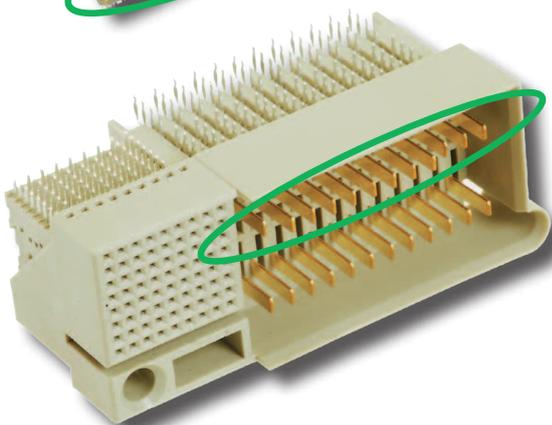
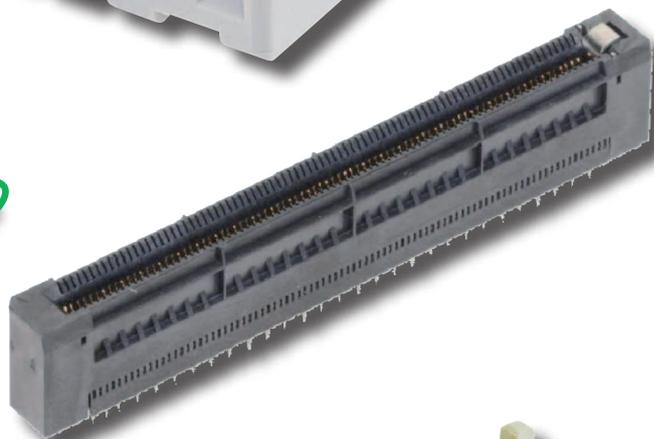
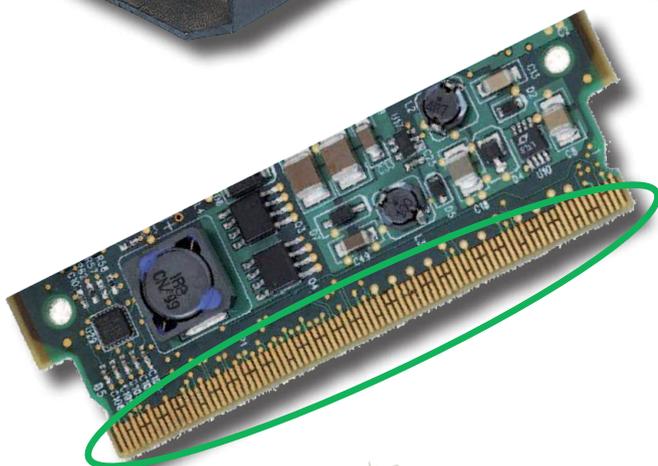
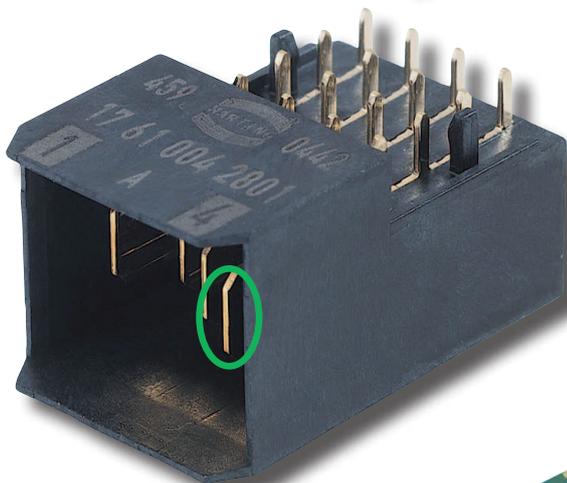
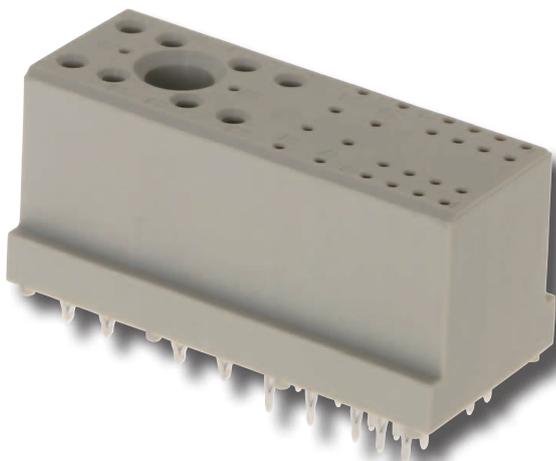
6.4 Персональные компьютеры



6.5 Телекоммуникация



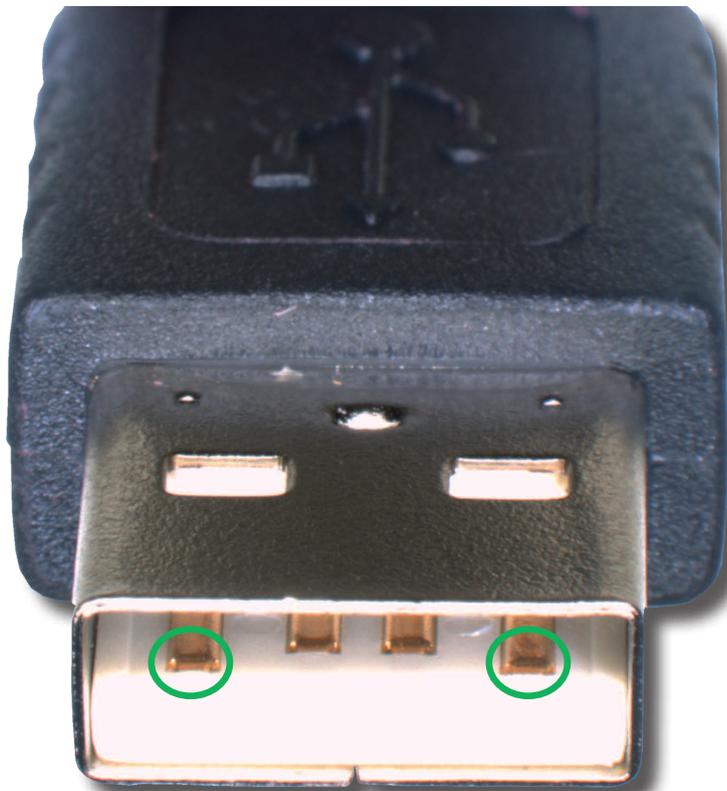
Продолжение: 6.5 Телекоммуникация



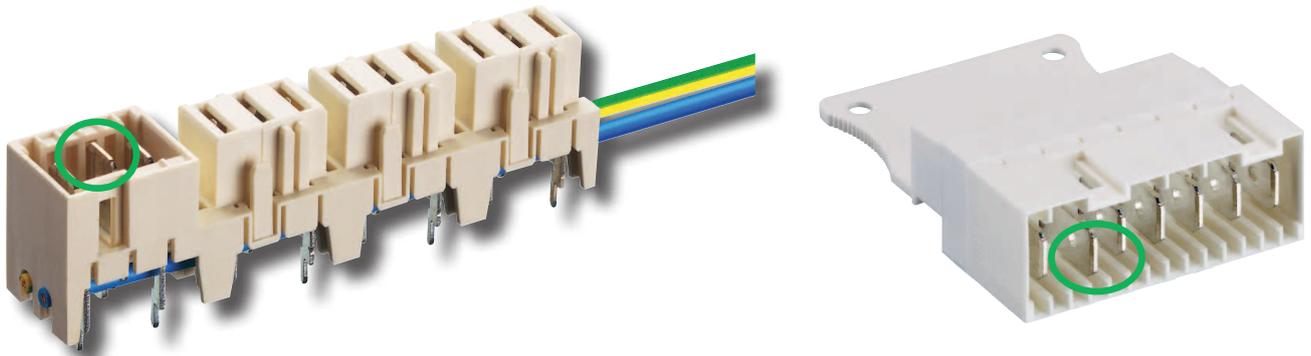
Продолжение: 6.5 Телекоммуникация



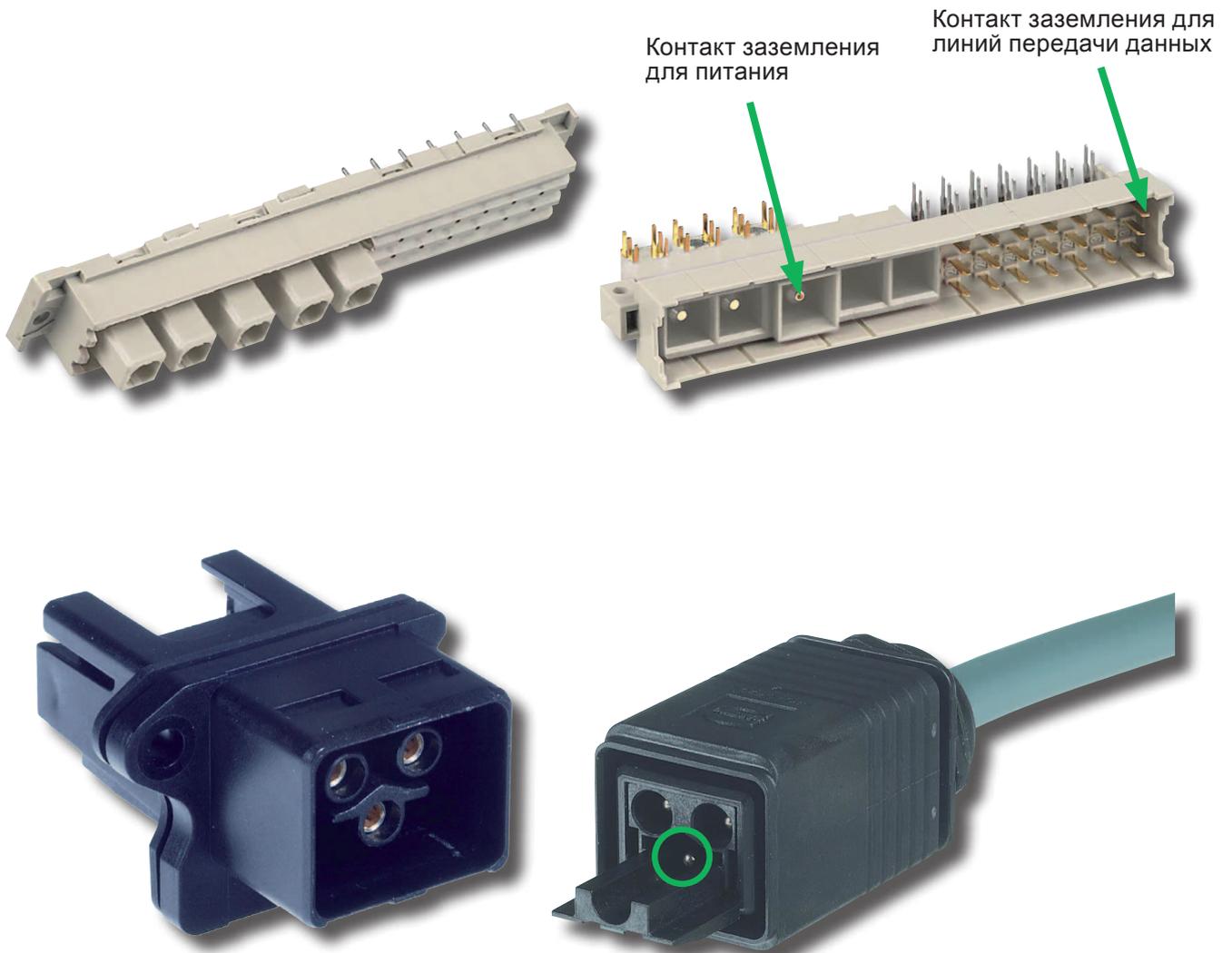
6.6 USB 2.0 (Universal Serial Bus = универсальная последовательная шина 2.0)



6.7 Белые товары (холодильники, стиральные машины и т.п.)



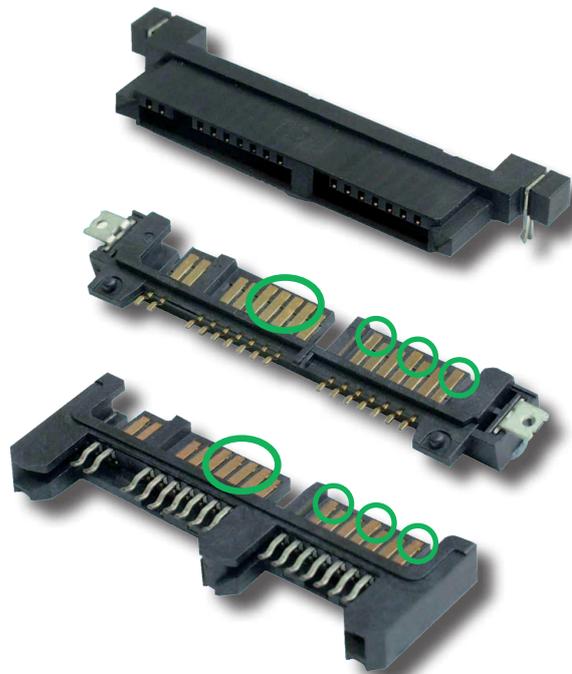
6.8 Промышленное энергоснабжение



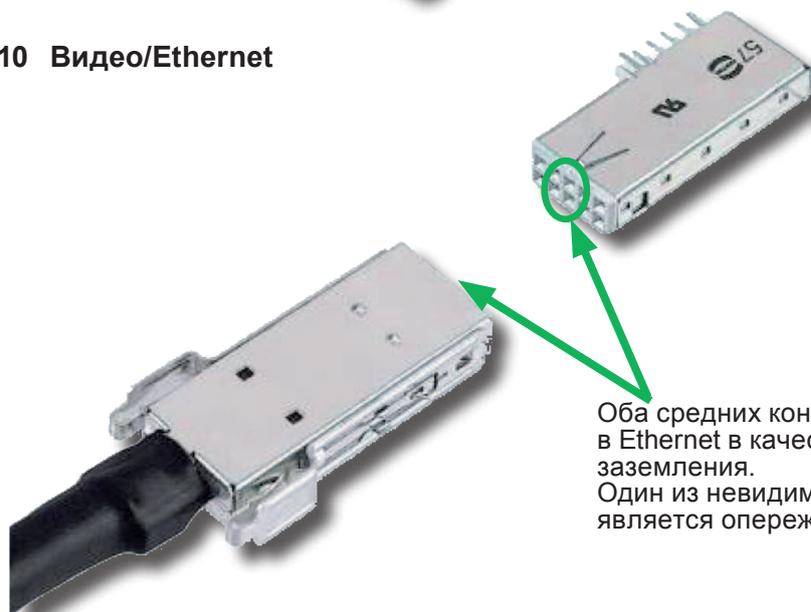
Продолжение: 6.8 Промышленное энергоснабжение



6.9 Шины данных и потребительские варианты



6.10 Видео/Ethernet



Оба средних контакта служат в Ethernet в качестве контактов заземления. Один из невидимых контактов является опережающим.



Die Elektroindustrie

ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie e.V.
Fachverband Electronic Components and Systems (ECS)
Fachverband PCB and Electronic Systems
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main, Deutschland (Германия)
Тел.: +49 (0)69 6302 - 276
Факс: +49 (0)69 6302 - 407
Эл. почта: zvei-be@zvei.org
www.zvei.org/ecs