

# Livro Branco

## Contatos elétricos de terra salientes para a Indústria Automotiva

Uma oportunidade para reduzir falhas do sistema eletrônico



Resumo de falhas,  
causas e soluções



## Ficha técnica

Livro Branco  
Contatos elétricos de terra salientes para a Indústria Automotiva  
Uma oportunidade para reduzir falhas do sistema eletrônico  
Resumo de falhas, causas e soluções

-----○

### Editado por:

ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie e.V.  
(União da Indústria Eletrônica e Eletrotécnica)  
Associação Profissional de Componentes e Sistemas Eletrônicos (ECS)  
Associação Profissional PCB e Sistemas Eletrônicos  
Lyoner Straße 9, 60528 Frankfurt am Main, Alemanha  
Fon: +49 (0) 69 6302 - 276  
Fax: +49 (0) 69 6302 - 407  
E-Mail: [zvei-be@zvei.org](mailto:zvei-be@zvei.org)  
[www.zvei.org/ecs](http://www.zvei.org/ecs)

### Transferência gratuita:

[www.zvei.org/first-mate-last-break](http://www.zvei.org/first-mate-last-break)

### Parceiro de contato na ZVEI:

Dr. Stefan Gutschling  
E-Mail: [gutschling@zvei.org](mailto:gutschling@zvei.org)

### Parceiro de contato técnico:

Presidente do Grupo de Trabalho  
Christoph Thienel  
Robert BOSCH GmbH  
Engineering Integrated Circuits - Quality (AE/EIQ)  
Postfach 13 42, 72703 Reutlingen, Alemanha  
E-Mail: [Christoph.Thienel@de.bosch.com](mailto:Christoph.Thienel@de.bosch.com)

### Fontes das imagens:

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.

### Layout / Imagem de título:

Patricia Lutz, ZVEI e.V.

Edição de Julho de 2011

Apesar de um cuidado extremo, não assumimos responsabilidade pelo conteúdo.

Todos os direitos reservados, em particular o direito de reprodução, divulgação e tradução. Nenhuma parte do documento pode ser de qualquer forma (impressão, fotocópia, microfilme ou outro procedimento) reproduzida sem autorização por escrito da ZVEI ou reproduzida e divulgada através da utilização de sistemas eletrônicos.

### **Membros do grupo de trabalho para elaboração do Livro Branco:**

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 (ant. Tyco Electronics AMP GmbH)  
Valeo Group Expertise and Services  
Vishay Semiconductor GmbH  
Webasto AG  
Yazaki Europe Limited  
Zollner Elektronik AG

### **As seguintes empresas também estão de acordo com o conteúdo do Livro Branco:**

Continental Automotive, Division Interior  
KOSTAL Kontakt Systeme GmbH  
NXP Semiconductors Germany GmbH

## Estrutura

Explicação dos termos	4
Prefácio	5
1 Descrição Hot Plugging	6
2 Situações de erro devido ao Hot Plugging	8
3 Ações corretivas para conectores	14
4 Cenários de introdução	19
5 Resumo	20
6 Anexo: Exemplos de sistemas de conectores com contatos elétricos de terra salientes	21

---

## Explicação dos termos

Abreviaturas utilizadas no cabeamento de veículos:

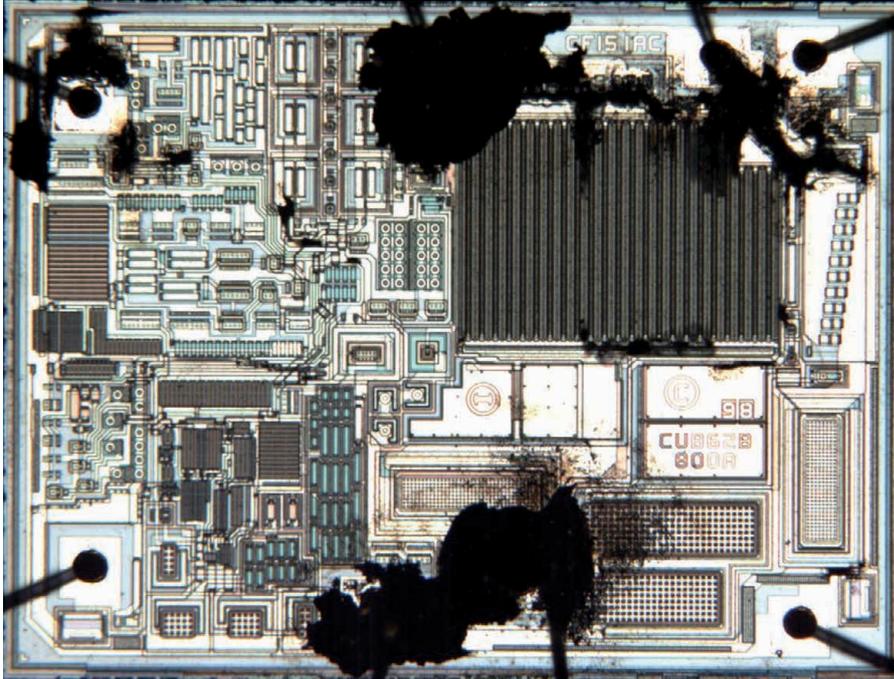
Terminal 31	ligação à terra (pólo negativo; geralmente o chassis da carroçaria)
Terminal 30	alimentação permanente com tensão da bateria
Terminal 15	alimentação da bateria transmitida através da chave de ignição do terminal 30
Barramento CAN	cabos de dados no veículo para comunicação dos componentes eletrônicos entre si
Barramento LIN	cabos de dados no veículo para comunicação dos componentes eletrônicos entre si
Transceiver	circuito eletrônicos para o envio e recepção de dados

Adicionalmente, durante a análise de falhas, temos:

ECU	Unidade de Comando Eletrônico (Electronic Control Unit)
EOS	Sobrecarga elétrica (Electrical Overstress)
ESD	Descarga eletrostática (Electrostatic Discharge)
Hot Plugging	Conectar e desconectar sob tensão

## Prefácio

Ao conectar e desconectar as Unidades de Comando Eletrônicas (ECU) sob tensão (Hot Plugging) os semicondutores podem sofrer danos devido à sobrecarga elétrica (Electrical Overstress EOS).



### *Semicondutor danificado devido a Hot Plugging*

Estudos realizados pela Bosch demonstraram que uma elevada percentagem destas falhas nos semicondutores das Unidades de Comando Eletrônicas automotivas poderiam ser evitadas através de conectores com contatos elétricos de terra salientes.

Por contatos elétricos de terra salientes referimo-nos aqui à designação de contactos „FMLB: First Mate – Last Break“, os quais são os primeiros a entrar em contato numa ligação e os últimos a serem separados, extamente por serem salientes.

O presente Livro Branco pretende ser uma introdução ao tema „Conectores com contatos elétricos de terra salientes na indústria automotiva“.

O leitor poderá informar-se sobre temas relevantes, associados ao design e com as conexões de contatos elétricos de terra salientes.

Vários fornecedores de renome (Tier1 e Tier2) expressaram-se a este respeito e pretendem dar uma visão geral e apresentar propostas de solução.

A conexão de contatos elétricos de terra salientes como proteção eletrônica adicional representa um pré-requisito importante para alcançar a meta de zero defeitos na indústria Automotiva.

## 1 Descrição Hot Plugging

Por **Hot Plugging** entende-se a conexão e desconexão elétrica no veículo ou em subsistemas (como portas, etc.) sob tensão elétrica.

Esta situação verifica-se sistematicamente na fabricação, operação, manutenção, reparação e adaptação de veículos, independentemente de ocorrer de forma consciente ou inconsciente. Tal aplica-se tanto para IGNIÇÃO LIGADA como para IGNIÇÃO DESLIGADA.

No caso de subsistemas, o Hot Plugging ocorre sobretudo em situações de teste, controle e ajuste.

### Exemplos destas situações:

- Montagem e teste de antenas
- Montagem do painel
- Montagem de componentes posteriores (teto solar, aquecimento independente, ...)
- Teste do motor em bancadas de teste
- Montagem do motor
- Teste dos faróis após a montagem
- Teste e montagem das portas

### 1.1 Ignição LIGADA

Durante a fabricação e a reparação de veículos, são adicionados componentes à rede de bordo ou são removidos componentes da rede de bordo: **Hot Plugging**

### 1.2 Ignição DESLIGADA

No geral, existe a **idéia errada** de que, nesta situação (após desligar a ignição), é possível efetuar ou anular qualquer ligação sem danos subsequentes para o sistema eletrônico, visto que todos os componentes do veículo se encontram sem tensão.

No entanto, a rede de bordo continua a alimentar diversos componentes, apesar da IGNIÇÃO se encontrar DESLIGADA. Unidades de controle eletrônicas alimentadas através do terminal 30 encontram-se sob tensão mesmo no estado de IGNIÇÃO DESLIGADA (incl. modo de standby).

### Exemplos:

- Airbag em standby
- Coming-Home (a luz permanece acesa)
- Vidro elétrico
- Freio de mão
- Hands free/Key free
- Gateway
- Sistema de ventilação interna
- Sistema de controle interno
- KIT no porta-malas (EUA; possível a abertura a partir de dentro)
- Comando do sistema de ar condicionado e do ventilador de arrefecimento do motor

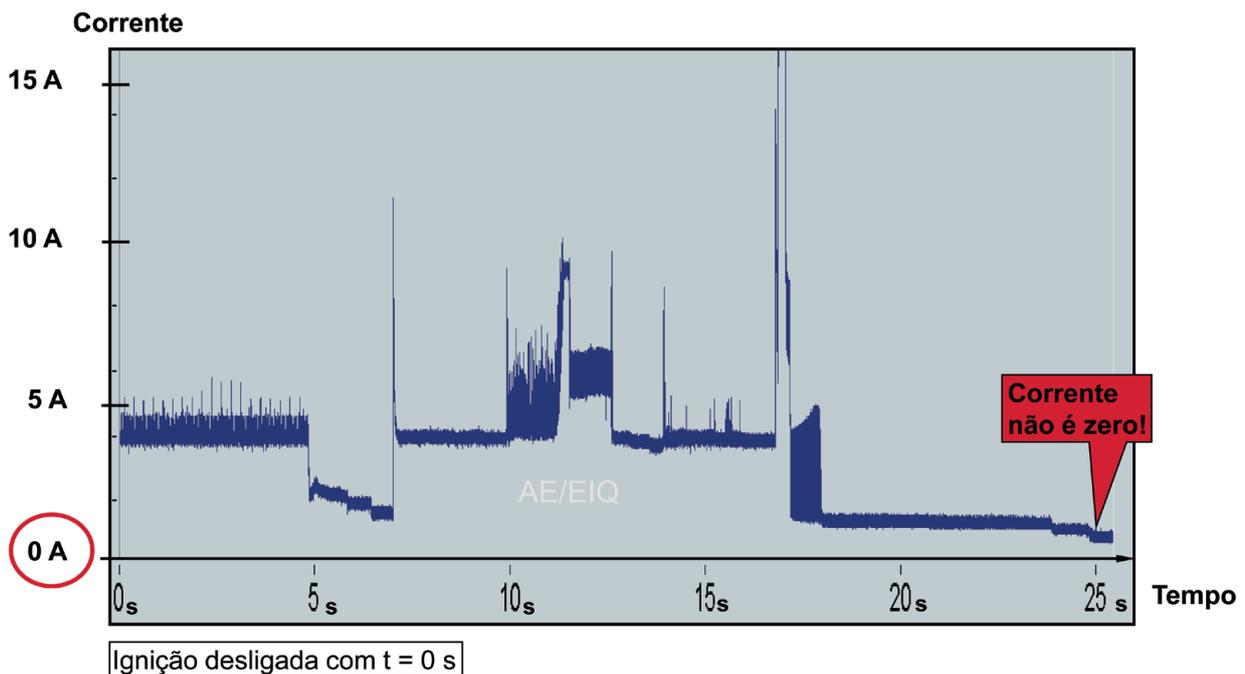
## DESCRIÇÃO HOT PLUGGING

- Sistema de navegação
- Rádio
- Espelho retrovisor
- Aquecimento interno
- ECU's que registram erros
- Testes das borboletas do acelerador
- Relógio
- Sistemas de acesso

Após desligar a ignição, durante alguns minutos a rede de bordo continua a conduzir considerável corrente elétrica. Qualquer conexão ou desconexão neste momento, pode provocar transientes elétricos na rede de bordo. Estes transientes elétricos podem pré-danificar ou destruir os componentes eletrônicos permanentemente: **Hot Plugging** (mais informações a este respeito em „2 Situações de erro devido ao **Hot Plugging**“.)

Na ilustração abaixo pode-se visualizar a medição de corrente no cabo terra da bateria de um automóvel moderno.

A corrente flui durante alguns minutos na faixa dos 100 mA à alguns Amperes, com alguns picos ainda maiores.



A corrente elétrica ainda flui pela rede de bordo do veículo por algum tempo mesmo após a chave de ignição ser desligada.

Isto significa que: o **Hot Plugging** ocorre sistematicamente no automóvel.

## 2 Situações de erro devido ao Hot Plugging

Nos modernos automóveis, diversas ECU's estão ligadas entre si através de barramentos de dados.

Por isso, durante o **Hot Plugging**, transientes elétricos passam frequentemente, por ex., através do barramento em ECU's não envolvidas no processo de conexão, danificando as mesmas.

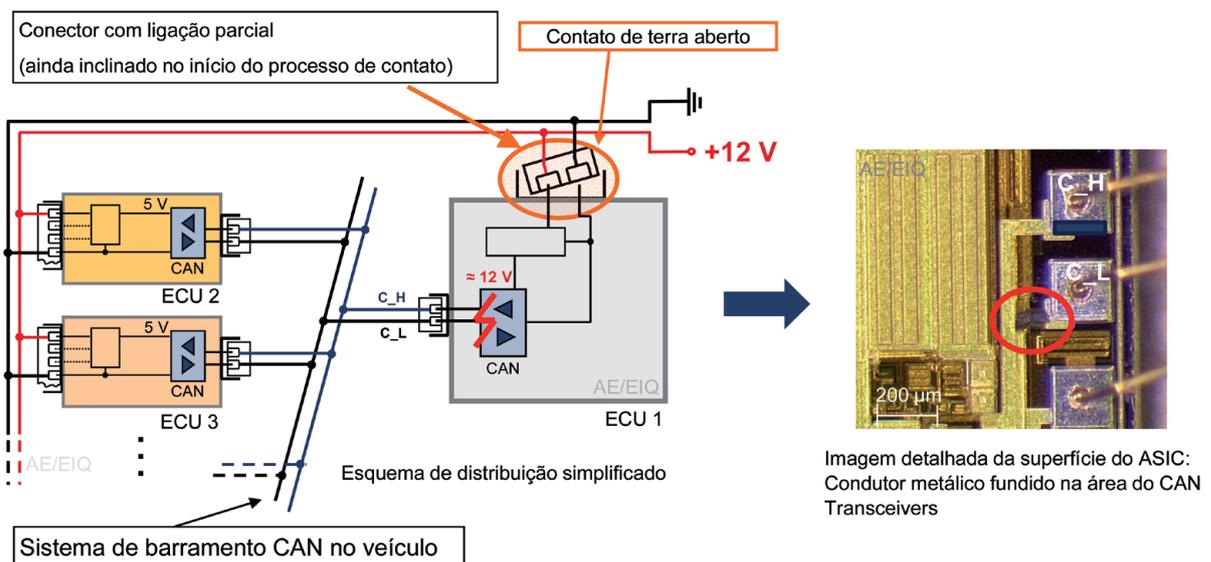
Em geral, uma análise objetiva das falhas e a determinação da causa raiz das falhas nestas ECU's pode evitar essa ocorrência.

As seguintes situações de falha reais são disponibilizadas a título de exemplo por empresas de renome.

### 2.1 Exemplo Barramento CAN

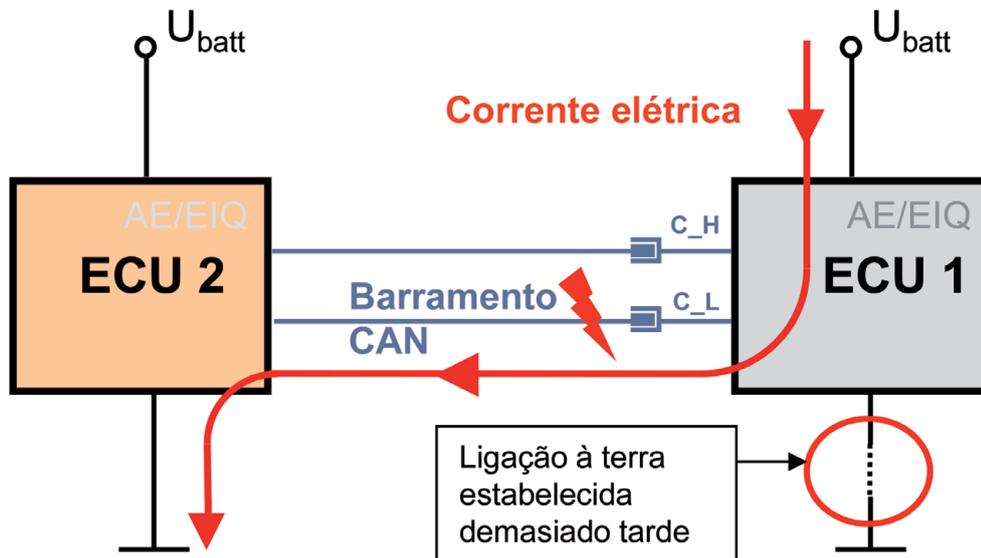
#### Descrição mecânica

Durante um processo de conexão sob tensão (**Hot Plugging**) pode acontecer de o contato de terra ser o último a ser fechado quando a conexão é feita em ângulo. Como consequência, inicialmente a referência do terra está ausente e verificam-se danos nos semicondutores, devido aos transientes elétricos.



*A ECU 2 já está instalada no veículo enquanto a ECU 1 é adicionada*

## Esquema elétrico da situação anterior



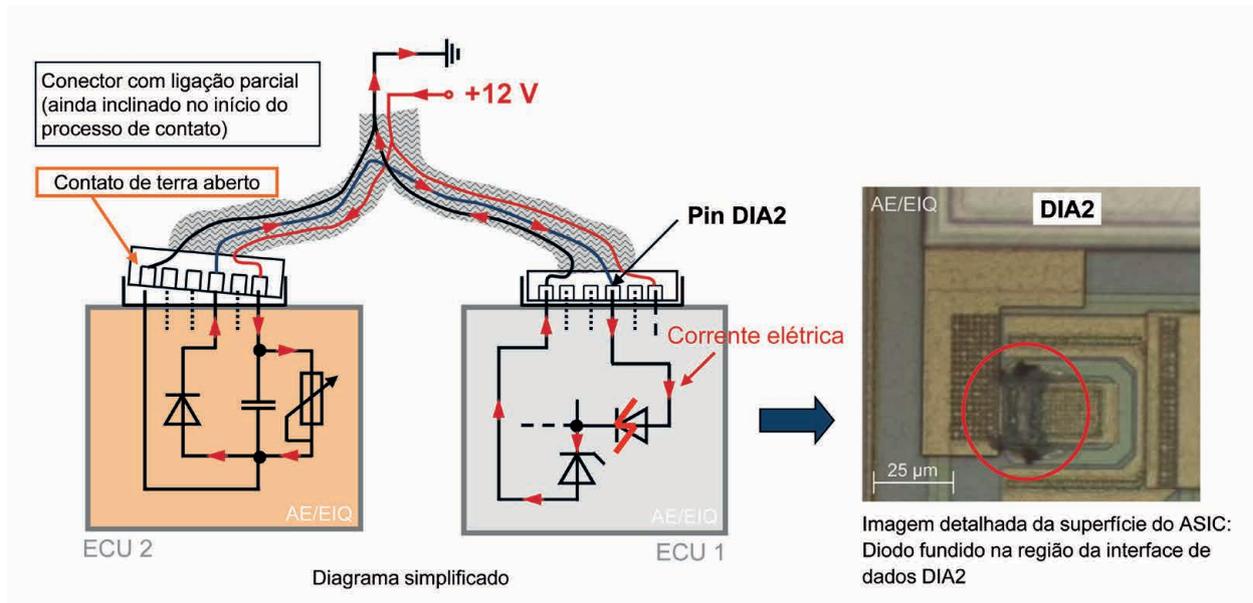
Este mecanismo de falha afeta todos os componentes eletrônicos potencialmente conectados através de barramentos de comunicação.

A análise de falhas é extremamente dificultada pelo fato das ECU's serem de diferentes fabricantes. Mesmo que a ECU 2 não sofra quaisquer danos, é difícil esclarecer a sobrecarga elétrica na ECU 1.

## 2.2 Exemplo Cabo de diagnóstico

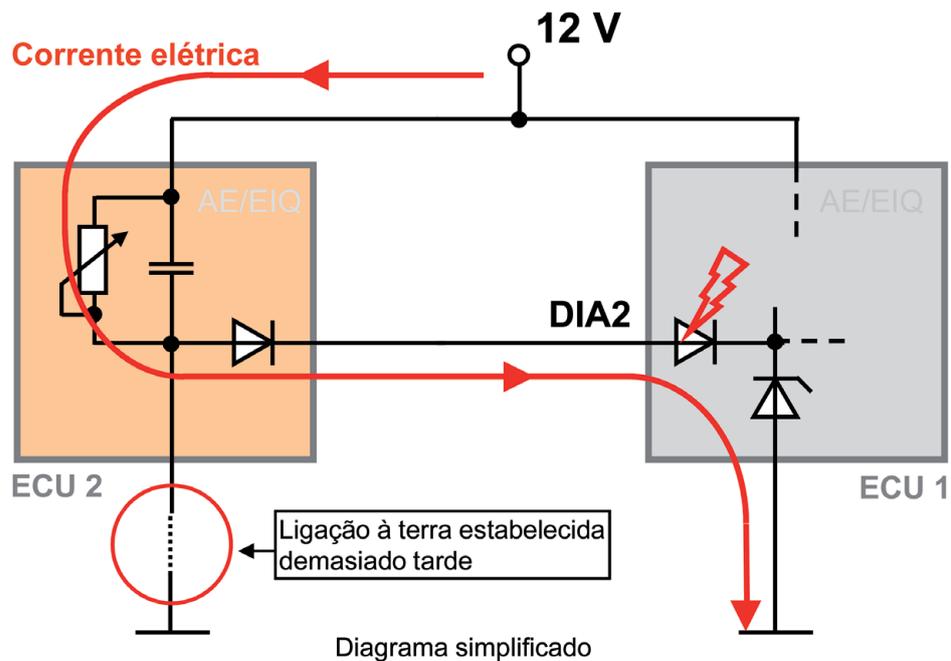
### Descrição mecânica

Ilustração de falha ocorrida na ECU1, durante a conexão da ECU2, decorrente da falta da referência de terra devido ao **Hot Plugging**.



A ECU 1 já está instalada no veículo enquanto a ECU 2 é adicionada.

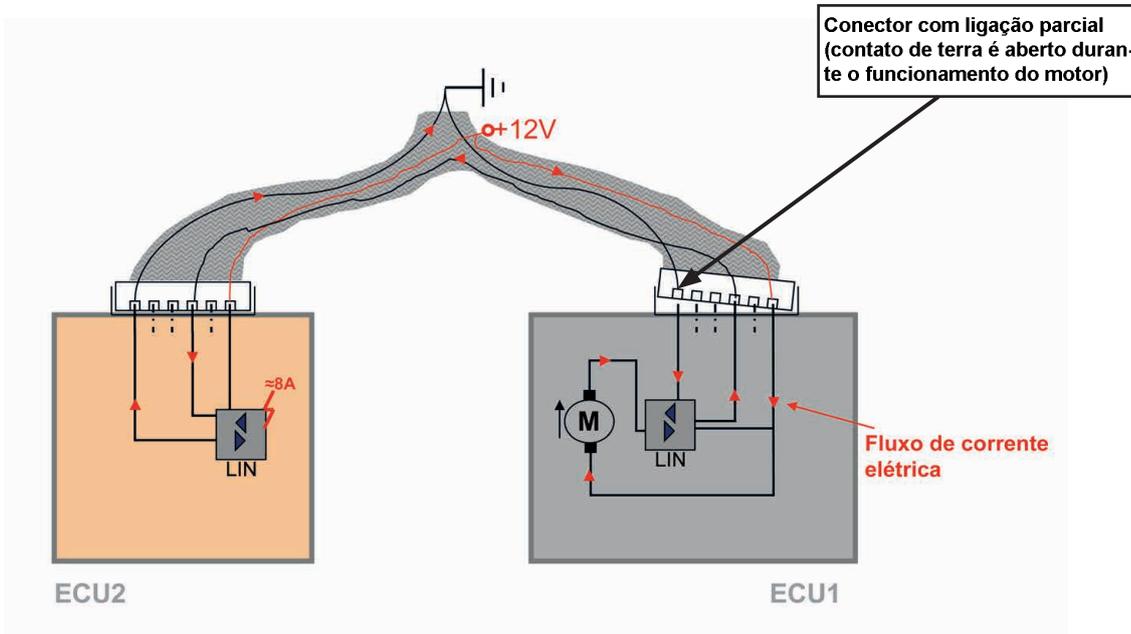
### Descrição elétrica



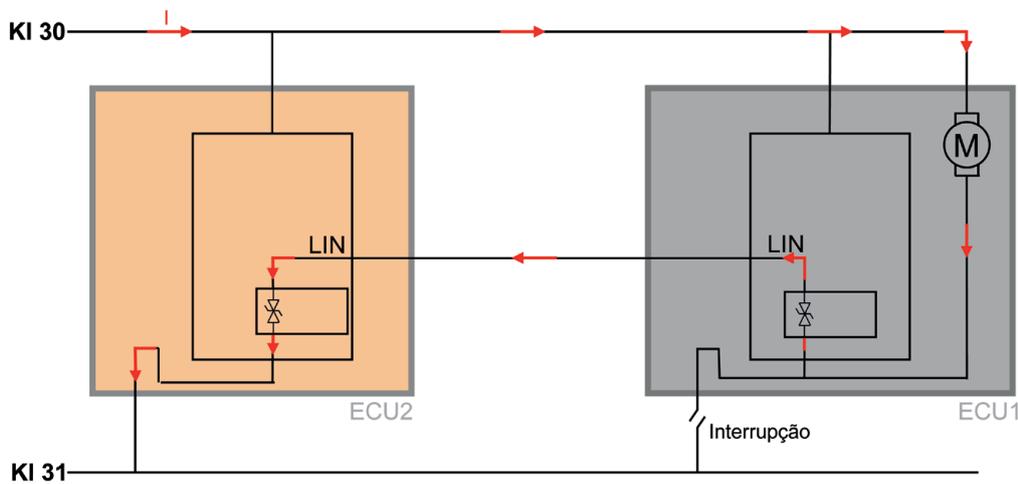
Para evitar esses danos, o terra deve ser conectado antecipadamente.

## 2.3 Exemplo Elevador do vidro

### Descrição mecânica



### Descrição elétrica

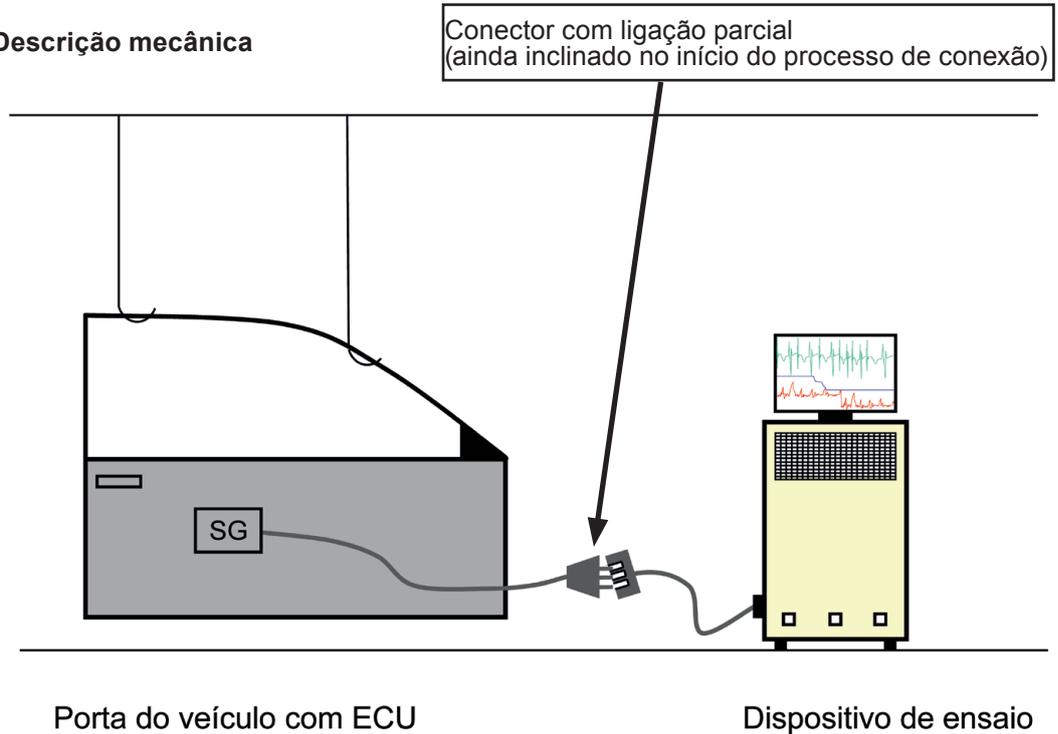


O cabo de ligação à terra é interrompido durante o funcionamento do motor (Hot Plugging). A tensão induzida resultante gera um potencial elétrico na ECU1.

Através do barramento LIN, este potencial elétrico em relação à terra é transferido para o ECU2 e pode causar danos no semicondutor.

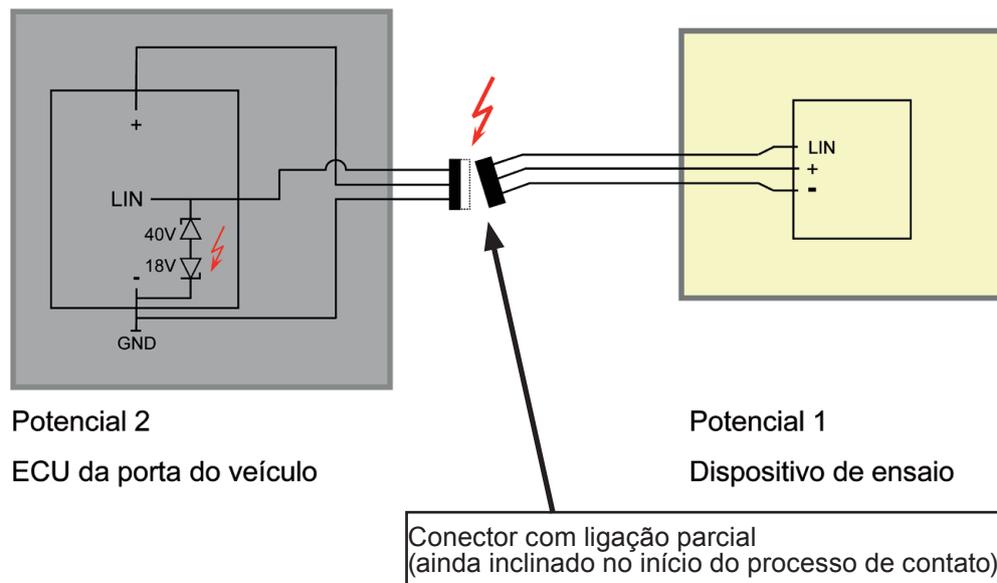
## 2.4 Exemplo Montagem das portas

### Descrição mecânica



Durante a montagem e teste de uma porta no veículo, devido ao Hot Plugging, pode ocorrer um dano no semicondutor da ECU devido a conexão do terra não ter sido feita antecipadamente.

### Descrição elétrica



A causa é uma diferença de tensão nos potenciais de terra entre as portas e o dispositivo de ensaio. Devido aos diversos potenciais de referência entre os sistemas eletrônicos montados nas portas e o dispositivo de ensaio, verificam-se os transientes elétricos.

No exemplo, a corrente transitória flui através do Transceiver LIN, no caso de o LIN ter sido conectado antes do terra. A corrente que flui pelo Transceiver LIN pode danificar ou destruir o mesmo.

### **Em geral aplica-se a:**

A crescente densidade dos componentes eletrônicos, a redução do espaço de montagem e os requisitos para um alto nível de performance, exigem estruturas cada vez menores, que resultam em menores semicondutores tornando os mais sensíveis ao EOS.

#### **Importante**

**Uma maior proteção ESD não ajuda  
a evitar ou reduzir  
danos por EOS.**

## 3 Ações corretivas para conectores

### 3.1 Sequência de encaixe/remoção em um ou mais conectores (Power, Sinal)

#### 3.1.1 Um único conector no componente eletrônico do veículo ou no cabeamento

Ao conectar é necessário certificar-se de que o terra é o primeiro a entrar em contato e, ao remover, é o último a ser separado (First Mate – Last Break).

#### 3.1.2 Vários conectores no componente eletrônico do veículo

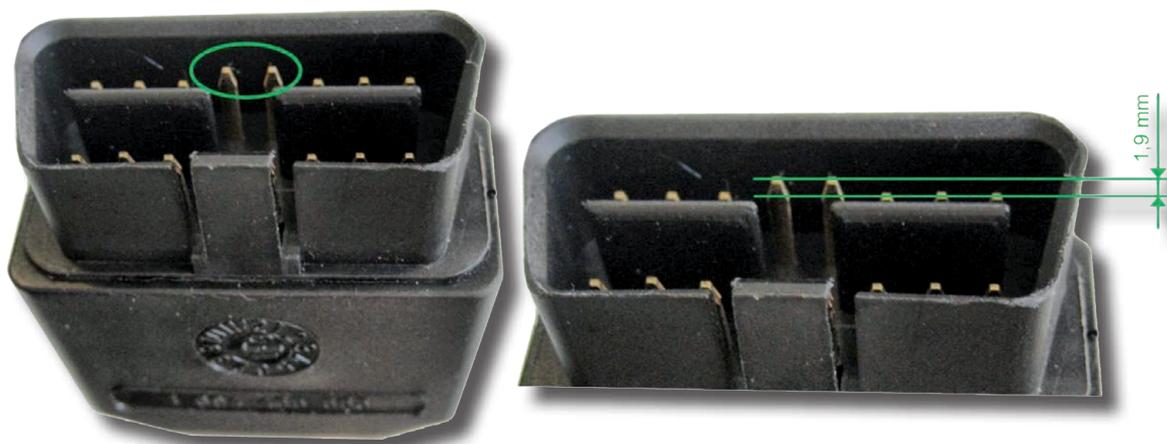
Em cada conector e a cada conexão é necessário serem estabelecidas as ligações ao terra antes das ligações dos cabos de dados e desconectados em ordem inversa.

### 3.2 Sistemas de conexão utilizados na elaboração, operação, manutenção, reparação e adaptação de veículos

#### 3.2.1 Diagnóstico On Board II

O conector OBD II é um bom exemplo. Está equipado com pinos de terra salientes para um contato seguro com IGNIÇÃO LIGADA e DESLIGADA e, até agora, o único conector padronizado e abrangente na indústria automotiva, preparado para **Hot Plugging**.

Para mais detalhes a este respeito consulte ISO 15031-3.



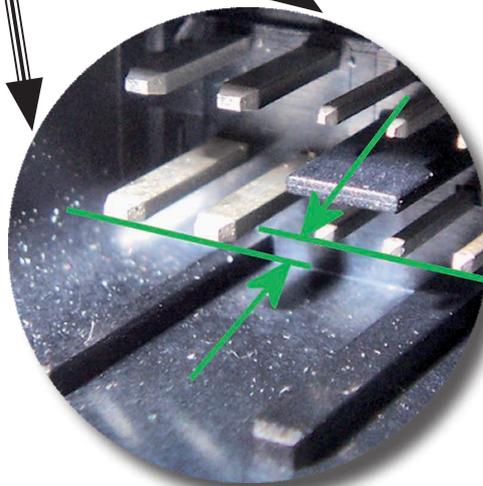
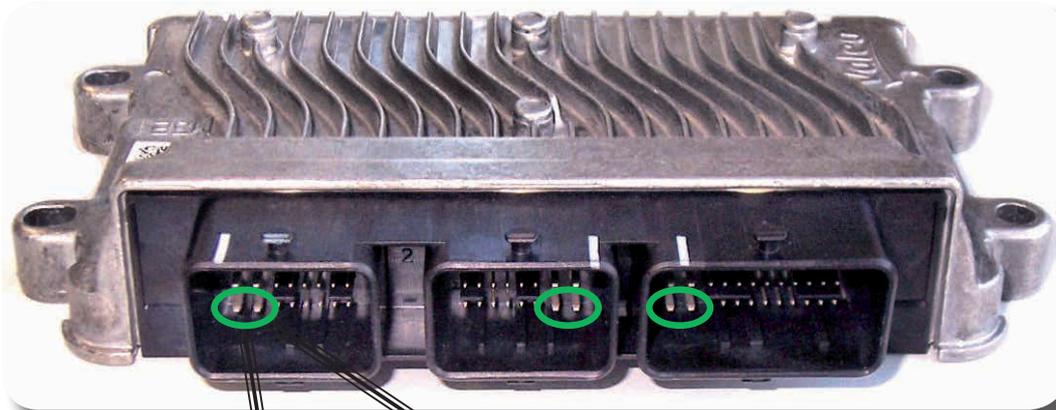
Conector OBD II com contatos salientes para o terra

## 3.2.2 Outras soluções na área automotiva

Na área do “Infotainment” dos modernos automóveis, encontram-se interfaces USB, equipadas de série com diferentes comprimentos de contatos para **Hot Plugging**.

De forma extremamente rara, existem **ECU's** preparadas com contatos de terra salientes para **Hot Plugging**.

Veja aqui alguns exemplos:



*ECU Valeo J34P para Peugeot/Citroën com contatos salientes*



ECU Bosch EDC16 para Peugeot/Citroën com contatos salientes



**Continental**

Easy - U

A2C30907000

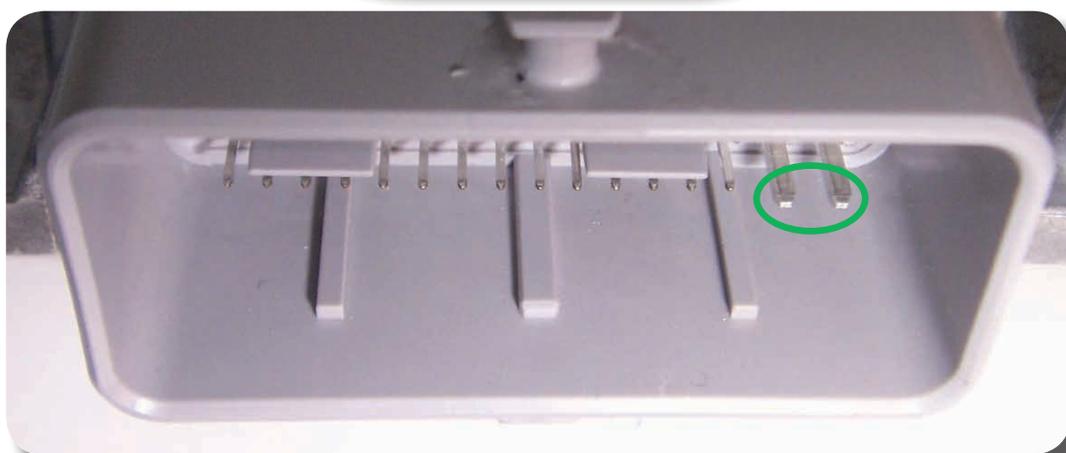
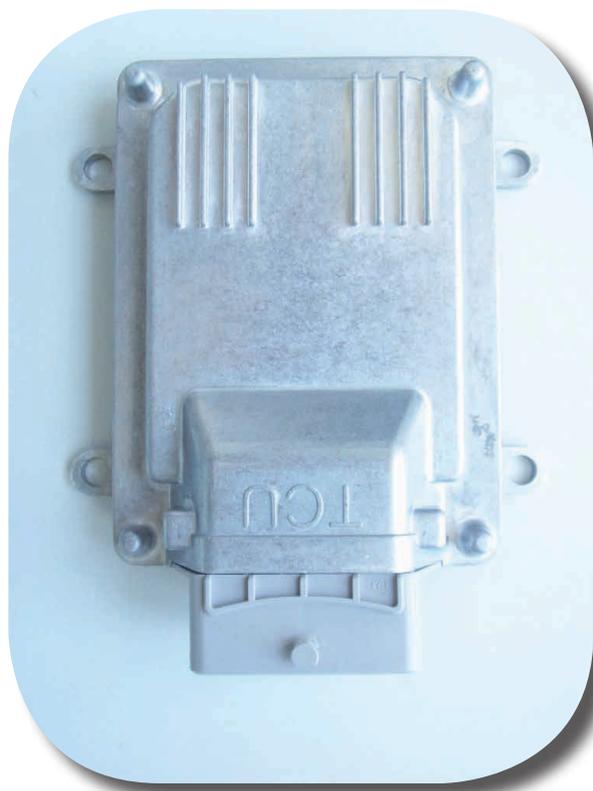
C 04.04.11/1 0164



3612000 - EG01A

Made in China

ECU Continental com contatos salientes



*ECU do mercado chinês com contatos salientes*

## Conclusão

Fora os positivos exemplos aqui indicados, todos os outros sistemas de conexão na situação **Hot Plugging** permitem que os transientes elétricos ocorram acidentalmente. O que, como indicado, pode provocar o EOS e destruição dos componentes da ECU.

## Notas adicionais

Conectores com FMLB são necessários em todas as conexões no processo de fabricação.

### A título de exemplo são mencionados

- Estações de teste para a programação („flashing“) de ECU's
- Qualquer adaptação em sub-processos de terceiros
- Extensões de cabos, que podem ser ligadas através de uma interface (por ex. em OBDII, quando o aparelho de teste se encontra demasiado afastado)

Além das considerações mecânicas preliminares, deve ser definida a **capacidade de carga de corrente** necessária dos contatos FMLB. Por regra, a parte avançada é brevemente conectada e neste caso uma baixa capacidade de condução de corrente elétrica é suficiente.

Se a característica FMLB está presente na ECU, pode-se assumir que a proteção é eficaz. Por outro lado se a característica FMLB está presente no conector do chicote/cabo, a ECU não estará completamente protegida no caso de um conector compatível sem a característica FMLB.

Como alternativa ao contato FMLB, sob determinadas circunstâncias é possível a proteção do sistema eletrônico das ECU's através de medidas adicionais.

Porém envolvem **várias desvantagens**:

- os componentes custam dinheiro
- os componentes exigem espaço de montagem
- os componentes necessitam de tensão de funcionamento ou tem queda de tensão
- os componentes reduzem a confiabilidade de um modo geral
- a performance do circuito diminui (por ex. barramento CAN)

Se for aplicado um circuito de proteção, no geral este não pode ser totalmente especificado, visto que os pulsos destrutivos dos transientes elétricos não são precisamente conhecidos.

Além do tempo e esforço necessários para a criação dos circuitos de proteção, existe ainda um alto risco de ocorrer uma falha no circuito.

## 4 Cenários de introdução

### 4.1 Compatibilidades

A ideia básica é não alterar os produtos existentes. Pelo contrário, os fabricantes de automóveis estão cada vez mais requisitando que os contatos FMLB sejam implementados nos novos produtos e nos contatos de interface dos veículos.

Como os custos são relevantes, sistemas existentes não devem ser adaptados, mesmo porque, os contatos FMLB devem ser incluídos nos novos projetos desde o início e então garantir uma ótima solução no que diz respeito a tecnologia e custos.

### 4.2 Discussões atuais sobre as mudanças no cabeamento do automóvel e sistemas de conexão

No momento em que, algumas alterações estão sendo investigadas com relação ao cabeamento nos automóveis. Este é o momento perfeito para a introdução dos contatos FMLB em larga escala.

#### Exemplos das alterações abordadas:

- A produção dos cabos é cada vez mais automatizada
- No âmbito da diminuição das secções transversais de cobre dos cabos, os conectores podem ser alterados
- Novas interfaces serão criadas para a utilização de componentes e acessórios de outros veículos e outros fabricantes
- Alguns cabos são substituídos por alumínio
- Aplicação de cabos planos
- Introdução de novos sistemas de barramentos de dados (Ethernet)
- Novos produtos, por ex. farol LED

### 4.3 Potencial de redução de custos

Estimativa geral para a redução de custos global alcançado pela introdução dos contatos FMLB, por exemplo para o ano de 2011:

Produção mundial de veículos	70	milh.
Produção mundial de semicondutores para veículos (ASIC, Controller)	8,4	bilh.

Assumindo que a utilização dos contatos FMLB evita **1 ppm de falhas** e que os custos de uma falha representam um total de 5000 €, resulta a seguinte economia:

Falhas evitadas (1 ppm de 8,4 bilhões de semicondutores)	8.400	unidades
Custos totais por falha	5.000	€
Custos totais de todas as falhas	42.000.000	€
<b>Total economizado por veículo</b> (42 milh. € / 70 milh.)	<b>0,6</b>	<b>€ por veículo</b>

Maiores potenciais de economia podem ser obtidos pela padronização deste novo conector de interfaces com contatos FMLB.

## 5 Resumo

Atualmente em vários setores industriais, os contatos FMLB já garantem processos de conexões seguras.

Eles estabelecem o contato com o terra antes de conectar os sinais de dados ou o positivo da alimentação e protegem assim o homem e os sistemas eletrônicos.

Esta é uma vantagem da qual a indústria automotiva também se beneficiará.

Uma grande parte das falhas EOS atuais nos semicondutores poderiam assim ser evitadas. Isto aplica-se sobretudo em falhas de grandes dimensões.

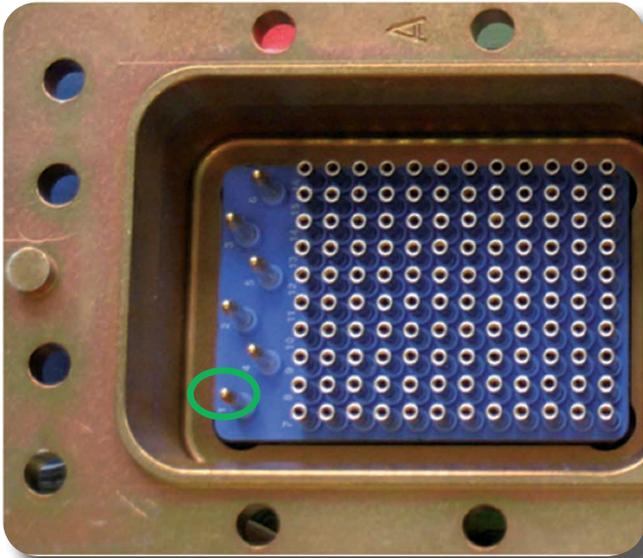
Assim, esta medida contribui de forma significativa para alcançar a meta pretendida de zero defeitos.

Devido a diversidade de conectores, a introdução dos contatos FMLB deve ser iniciada pela indústria automotiva („top down“). Todas as partes envolvidas precisarão fazer as próprias considerações preliminares e para isso certamente será necessário um tempo de planejamento especial.

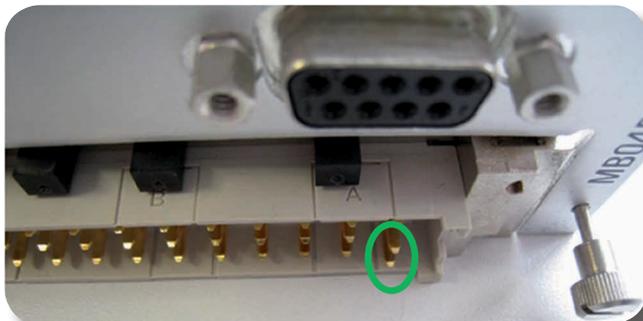
## 6 Anexo

Exemplos de conexões com contatos FMLB

### 6.1 Aeronáutica



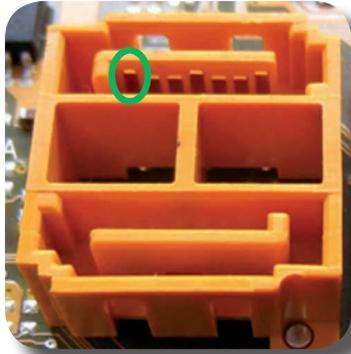
### 6.2 Linhas férreas



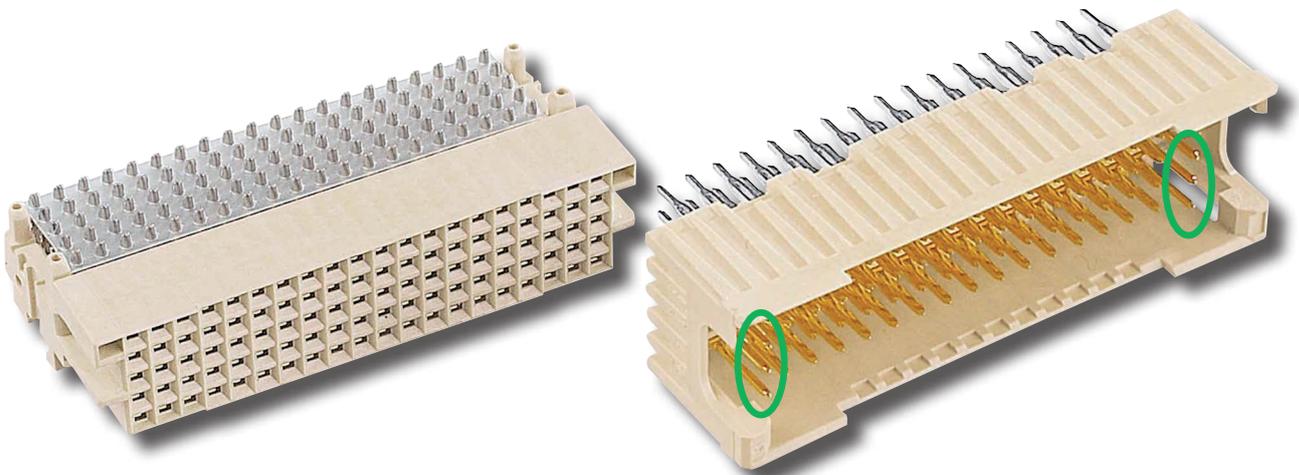
### 6.3 Alimentação de energia doméstica



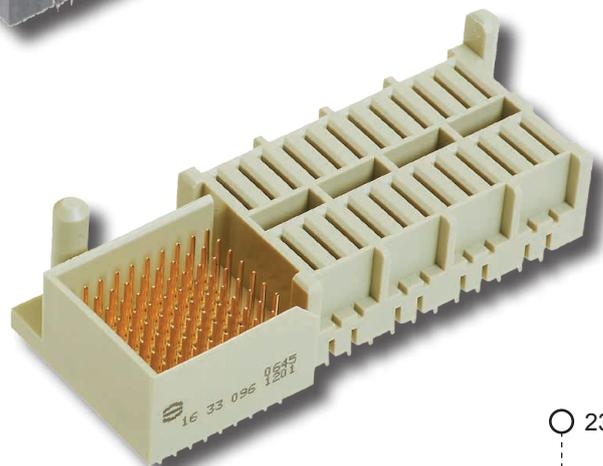
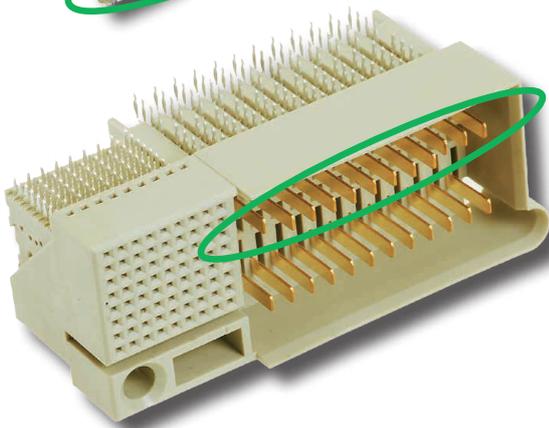
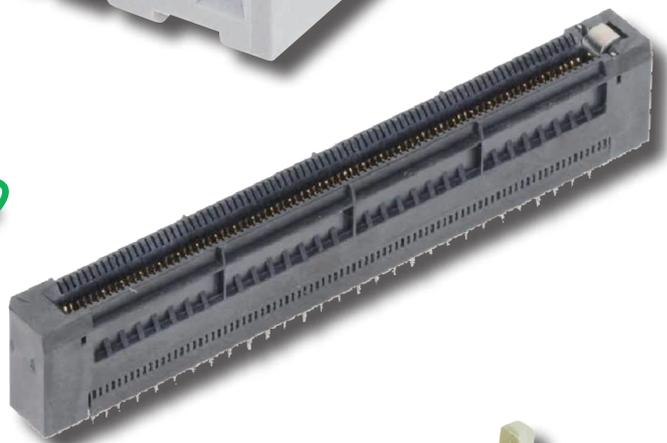
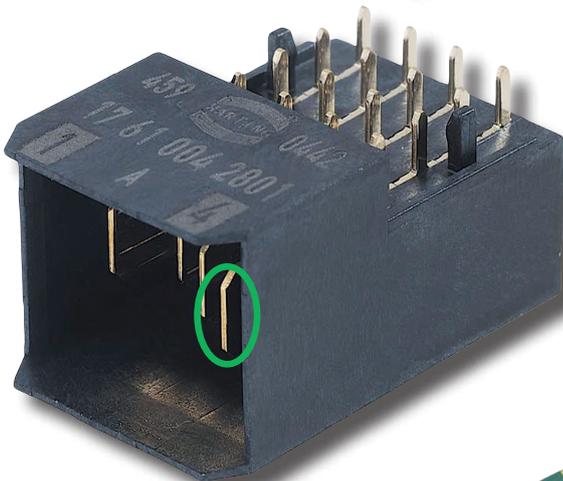
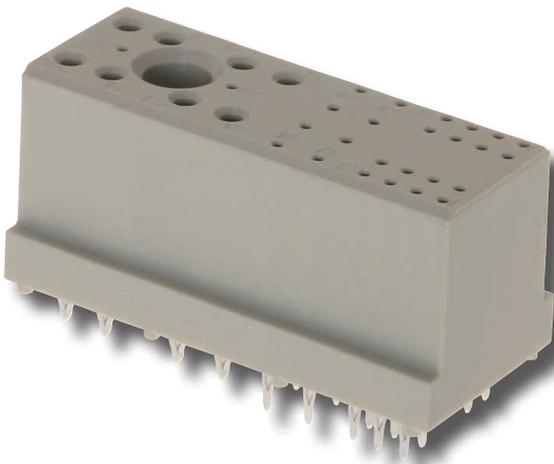
6.4 Computadores Pessoais

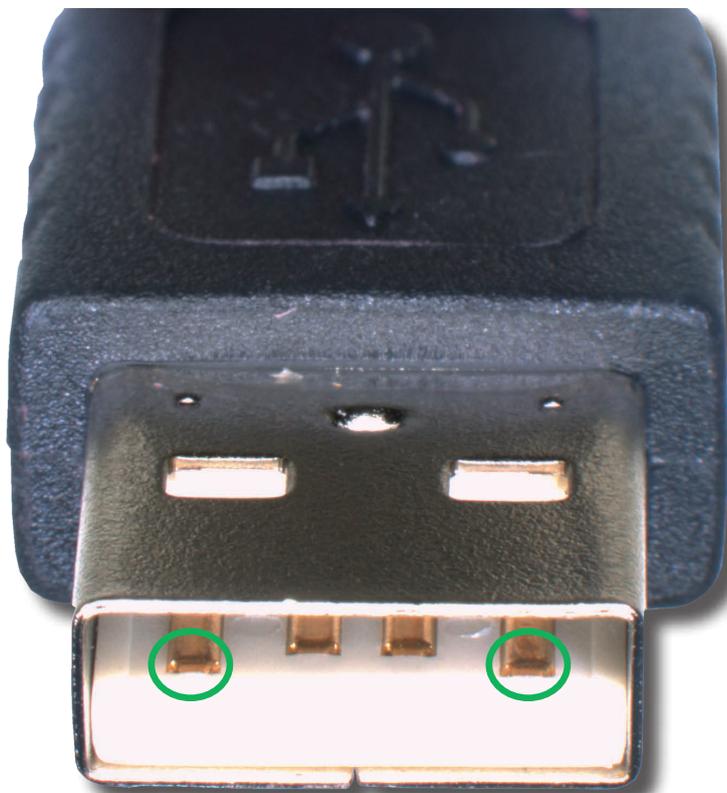


6.5 Telecomunicações

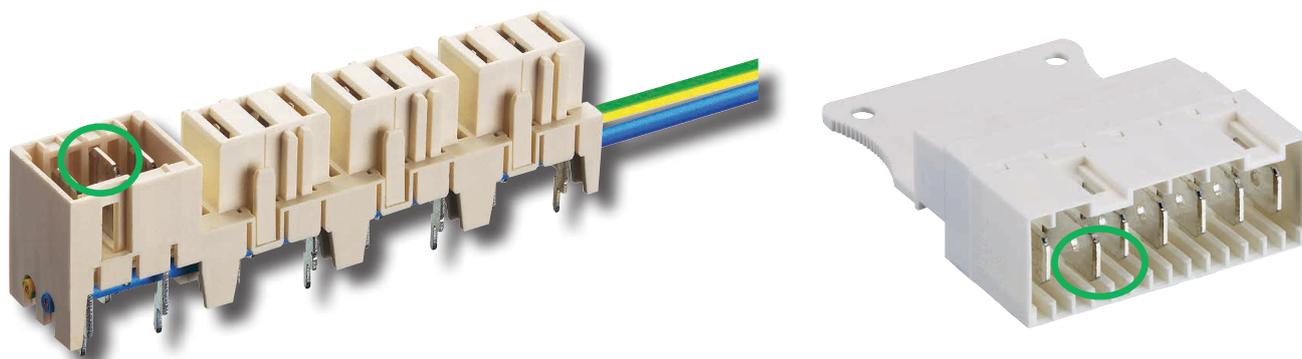


Continuação: 6.5 Telecomunicações

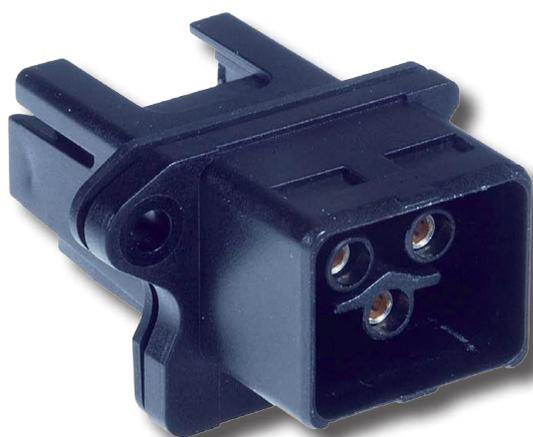
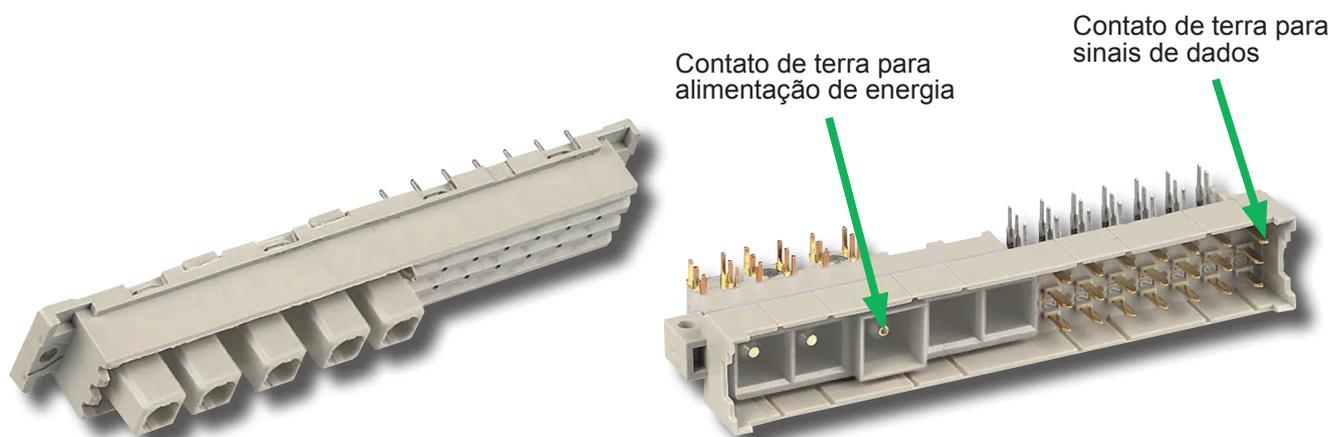


**Continuação: 6.5 Telecomunicações****6.6 USB 2.0 (Universal Serial Bus 2.0)**

6.7 Eletrodomésticos



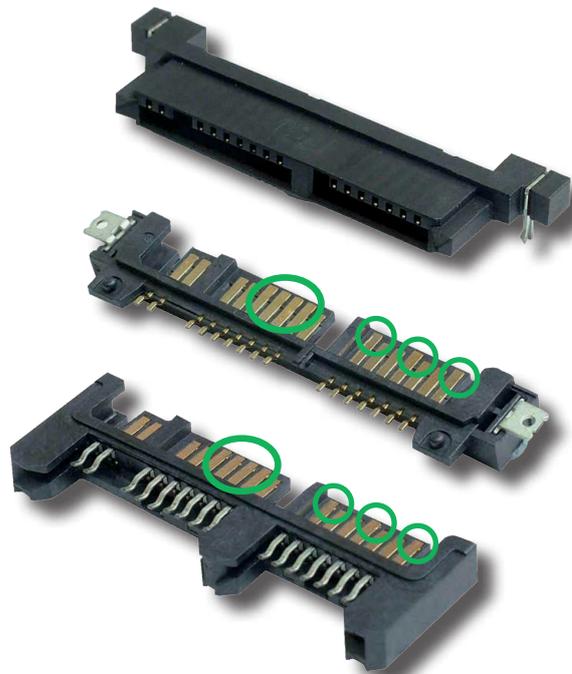
6.8 Alimentação de energia industrial



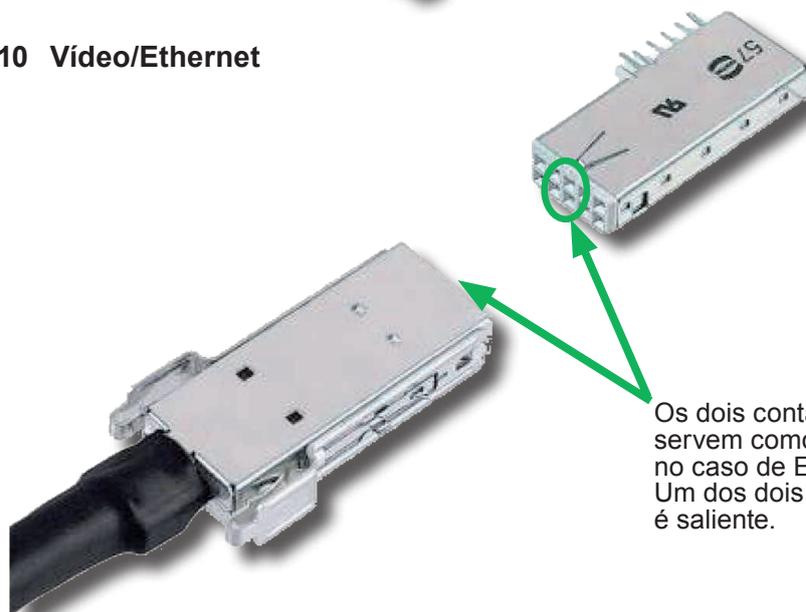
### Continuação: 6.8 Alimentação de energia industrial



### 6.9 Dados e Aplicações de Consumo



### 6.10 Vídeo/Ethernet



Os dois contatos centrais servem como contatos de terra no caso de Ethernet. Um dos dois pinos não visíveis é saliente.





ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie e.V.  
(União da Indústria Eletrônica e Eletrotécnica)  
Associação Profissional de Componentes e Sistemas Eletrônicos (ECS)  
Associação Profissional PCB e Sistemas Eletrônicos  
Lyoner Straße 9  
60528 Frankfurt am Main, Alemanha

Fon: +49 (0) 69 6302 - 276  
Fax: +49 (0) 69 6302 - 407  
E-Mail: [zvei-be@zvei.org](mailto:zvei-be@zvei.org)  
[www.zvei.org/ecs](http://www.zvei.org/ecs)