

白皮书

汽车工业中的预接地连接装置 (First Mate, Last Break)

降低电子元件断电故障率的措施



免费下载：
www.zvei.org/first-mate-last-break



故障、原因及解决方案
汇总



出版说明

白皮书

汽车工业中的预接地连接装置
降低电子元件断电故障率的措施
故障、原因及解决方案汇总

-----○

出版单位:

ZVEI – German Electrical and Electronic Manufacturers' Association e.V.
Electronic Components and Systems (ECS) Division
PCB and Electronic Systems (PCB ES) Division
Lyoner Strasse 9
60528 Frankfurt am Main, 德国
电话: +49 (0)69 6302 - 276
传真: +49 (0)69 6302 - 407
电子邮件: zvei-be@zvei.org
www.zvei.org/ecs

免费下载:

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

ZVEI 联系人:

Stefan Gutschling 博士
电子邮件: gutschling@zvei.org

技术咨询人员:

专业工作小组负责人
Christoph Thienel
Robert BOSCH GmbH
集成电路质量工程师 (AE/EIQ)
Postfach 13 42
72703 Reutlingen, 德国
电子邮件: Christoph.Thienel@de.bosch.com

插图来源:

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.

版式设计/封面图:

Patricia Lutz, ZVEI e.V.

2011 年 7 月出版

虽然在编写过程中尽可能做到精细缜密, 但不对文件内容承担任何责任。

保留所有权利, 特别是复印、推广及版本翻译等权利。未经 ZVEI 协会的书面批准, 不得对此文件进行任何形式的拷贝 (复印、照相复制、微胶复制或其他形式的复制), 或利用文件相应的电子文档进行复制或推广。

白皮书编写小组成员:

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 (前身是 Tyco Electronics AMP GmbH)

Valeo Group Expertise and Services

Vishay Semiconductor GmbH

Webasto AG

Yazaki Europe Limited

Zollner Elektronik AG

以下公司参与了白皮书内容的审核:

Continental Automotive, Division Interior

KOSTAL Kontakt Systeme GmbH

NXP Semiconductors Germany GmbH

目录	
定义	4
序言	5
1 热插拔说明	6
2 热插拔引起的故障	8
3 插头装置的补救措施	14
4 前景展望	19
5 总结	20
6 附录: 带预接地连接装置的插头装置使用示例	21

定义

汽车工业接线图中使用的缩略语:

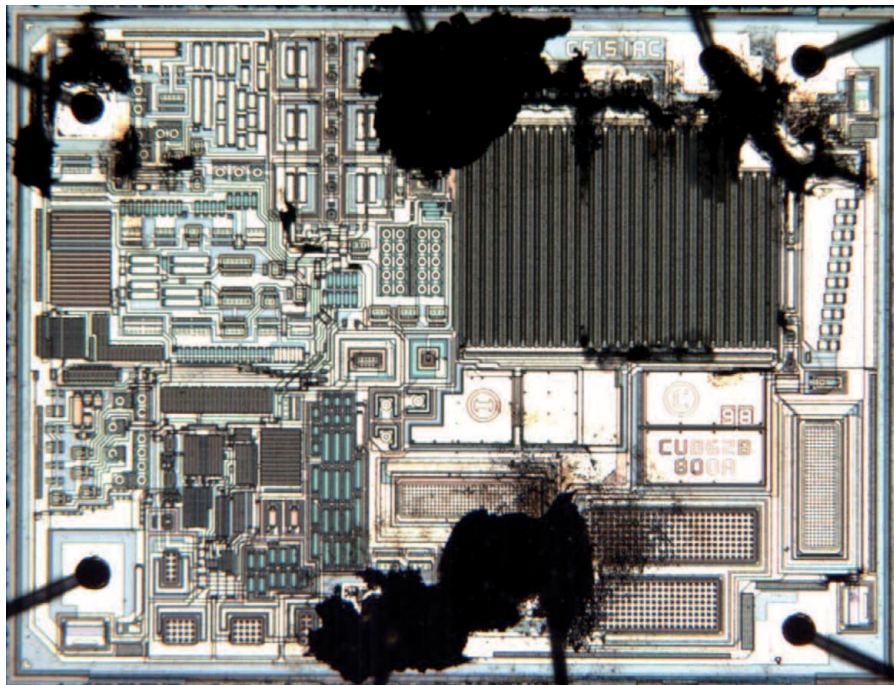
端口 31	接地连接 (负极; 通常指车身的底盘部分)
端口 30	通过蓄电池持续供电
端口 15	通过端口 30 将蓄电池供电进一步传送到点火钥匙
CAN 总线	汽车电气元器件之间进行通讯的数据线
LIN 总线	汽车电气元器件之间进行通讯的数据线
收发器	用于数据传送和接收的电子开关

在下面的故障分析中还涉及以下术语:

ECU	控制设备 (Electronic Control Unit)
EOS	电气负载装置 (Electrical Overstress)
ESD	静电释放装置 (Electrostatic Discharge)
热插拔	在通电情况下执行插入与拔出操作

序言

在通电情况下插入/拔出(热插拔)控制设备的插头,有可能因为电流过载 (Electrical Overstress, EOS) 而导致半导体部件遭到损坏。



由于热插拔而遭到损毁的半导体部件

博世公司通过调查发现,汽车控制单元内的半导体部件的损毁故障,绝大部分可以通过预接地连接装置加以避免。

所谓预接地连接装置,即“FMLB: First Mate – Last Break”,按照其名称的字面意思理解就是“连接时第一个接触,最后一个断开”。

此白皮书为大家介绍的主题为“汽车工业中的预接地连接装置”。

读者应该充分了解带预接地连接装置的插头的设计及实现方法。

多个著名的供应商(一级和二级供应商)已公开宣布将提供相关信息,以便说明和演示其基本解决方案。

引入预接地连接装置做为对电子元件的一种附加保护措施,是汽车工业实现零故障目标非常重要的前提条件。

1 热插拔说明

热插拔指在电气元件通电的状态下插入和拔出汽车内或其子系统（如车门等）的开关连接系统。

在汽车的生产、操作、保养、维修及改装过程中，无论操作人员有意或无意，都会系统性地使用热插拔。可以在点火装置开启状态下进行热插拔，也可以在点火装置关闭状态下操作。

特别是在对子系统进行测试、控制及设置时，会频繁使用热插拔。

下面是一些具体的示例：

- 天线的安装与调试
- 驾驶仪表台的组装与调试
- 加装部件（天窗、驻车暖气装置等）的安装
- 在测试台对发动机进行调试
- 发动机安装
- 汽车前大灯组装后测试
- 车门调试与安装

1.1 点火装置开启

在车辆的生产 and 维修过程中，可以采用热插拔在电源布线系统中添加或拔除组件。

1.2 点火装置关闭

这里通常会有一个误解，以为在切断点火装置的电源之后，我们可以随便插入或拔出电气连接系统的任意一部分而不会造成任何损坏，理由就是此时所有的汽车部件均未通电。

但实际上，尽管关闭了点火装置，在整车电源系统中仍然有很多部件在持续工作。通过端口 30 实现电流供给的多个控制设备，在点火装置关闭的情况下依旧处于通电状态（包括处于待电模式的部件）。

示例（部分列表）：

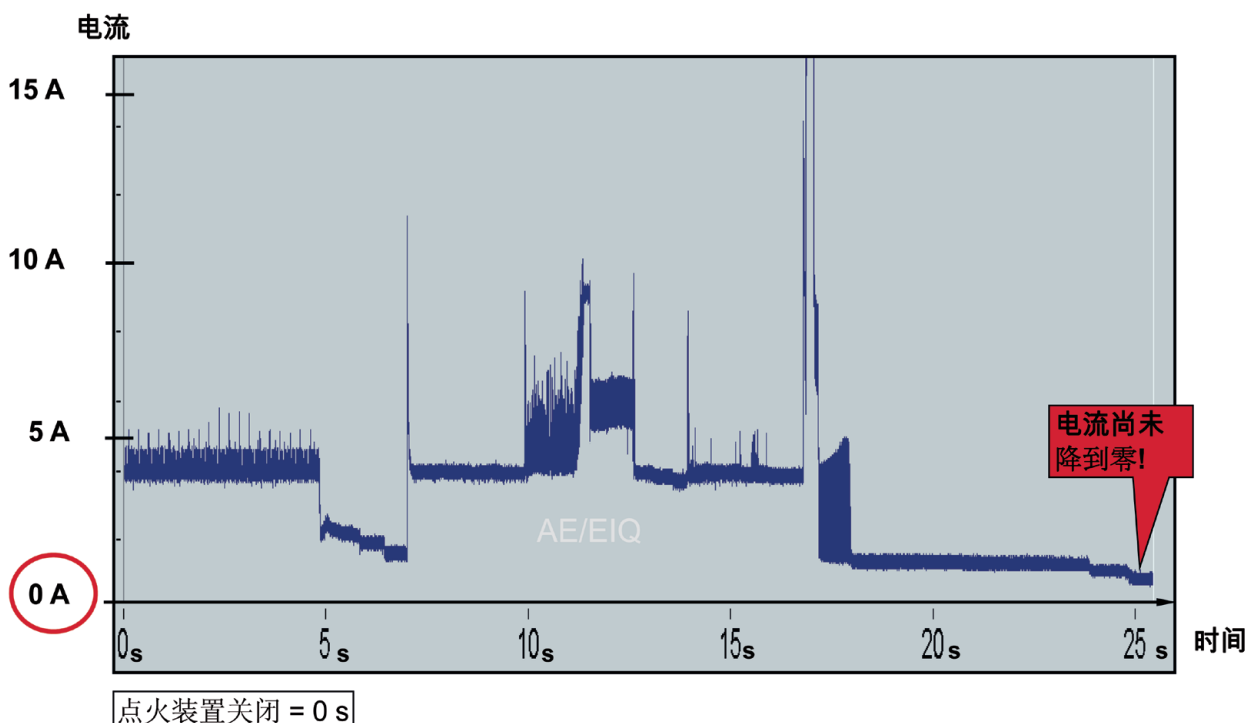
- 安全气囊
- 回家照明（前灯持续照亮一段时间之后熄灭）
- 电动车窗
- 电子驻车制动器
- 免提装置
- 网关
- 车内通风系统
- 车内监控系统
- 后备箱内的开启装置 (USA; 可以从内部打开)
- 空调及散热器风扇的控制系统
- 导航系统

- 收音机
- 外后视镜 (电动折叠)
- 驻车暖气系统
- ECU 升级错误消息
- 节气阀测试装置
- 时钟
- 车辆进入系统

在关闭点火装置后的数分钟内, 整车电源系统内都存在强电流。在此期间, 无论是插入还是开启任何一个部件, 都会导致电子系统中产生不确定的补偿电流。这种补偿电流可能会使电子元件受到永久性预损伤或者彻底损毁: 热插拔。(有关详细信息, 请参见“2 热插拔引起的故障”一节中的描述。)

下图是对一款新近款式车辆的蓄电池接地导线进行电流测量的结果。

我们可以看到 100mA 至数个安培的电流存留持续长达数分钟, 个别峰值甚至更高。



在关闭点火装置后的较长一段时间内整车电源的电流不会降到零。

这意味着, 汽车内部仍在系统地进行着热插拔。

2 热插拔引起的故障

在现代车辆中, 有很多控制单元通过数据总线连接在一起。因此, 在热插拔过程中, 经常出现例如补偿电流通过总线流入未参与到插拔的控制单元中并对其造成损坏的情况。

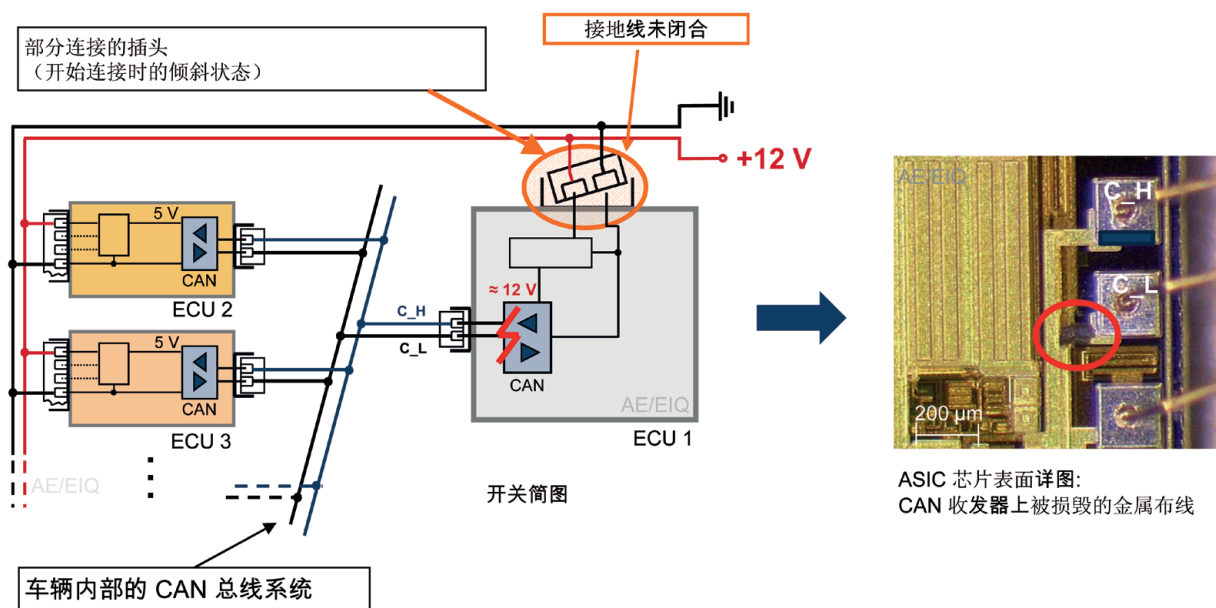
此类交互作用往往导致无法进行具有针对性的故障分析, 也很难查找到部件损坏的真正原因。

以下是由几个著名公司提供的在实际操作中经常遇到的故障情况。

2.1 示例: CAN 总线

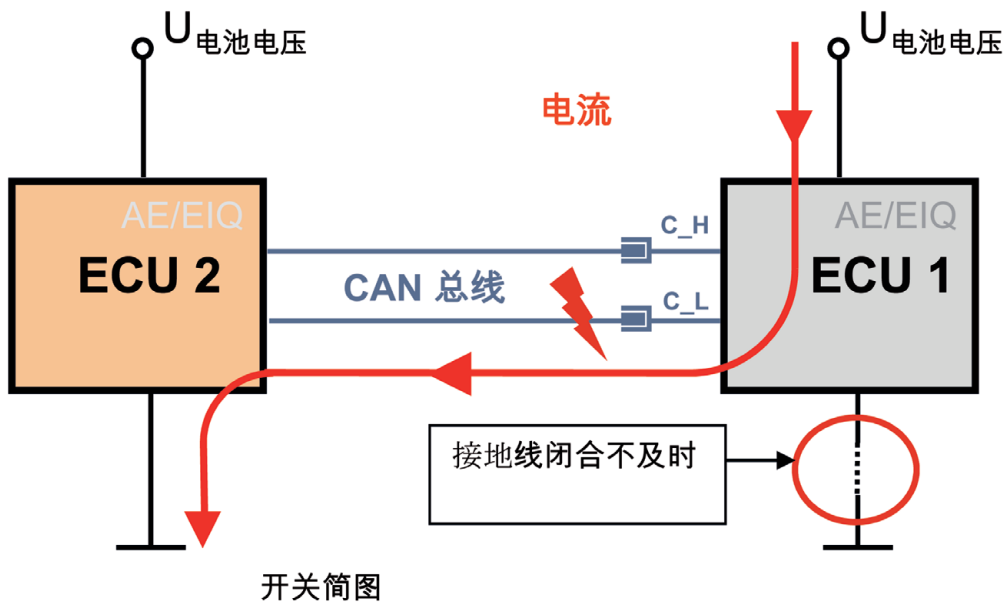
机械原理

在通电状态下插入部件(热插拔)时, 如果插头倾斜着插入, 接地线很有可能会最后一个被连接。这会造成起初阶段的地电位缺失, 从而导致补偿电流损坏半导体的情况出现。



车内已经安装了 ECU2, 正在安装 ECU1。

上述工序所对应的电路图。



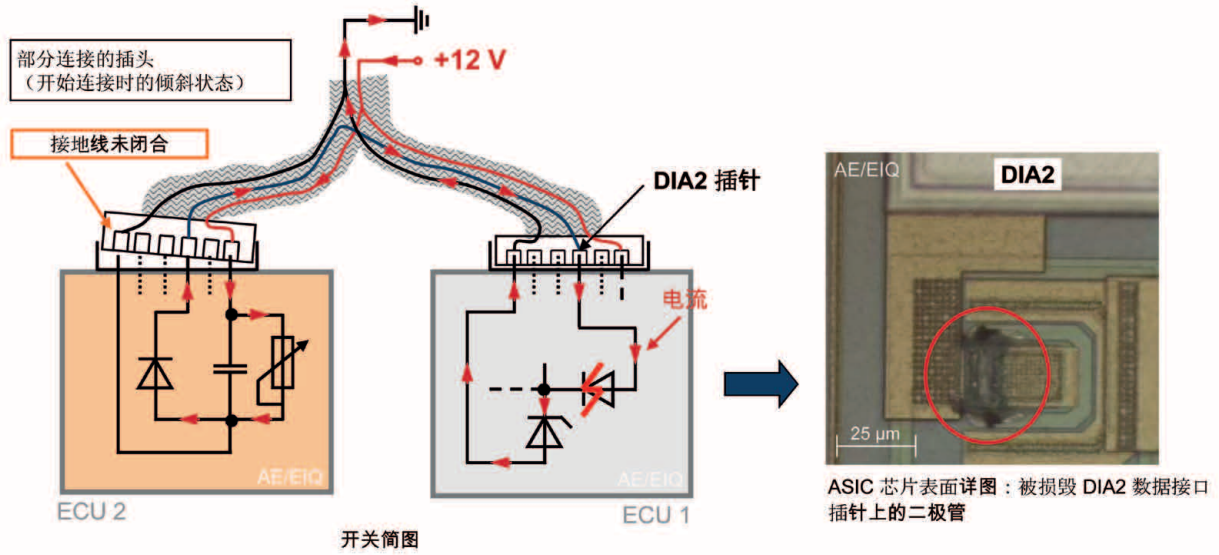
所有通过数据总线连接和通信的电子元件都可能会出现这些故障。

如果 ECU 部件来自各个不同的厂商, 故障分析将会特别困难。只要 ECU2 不受损, 就很难查明 ECU1 的过载原因。

2.2 诊断导线示例

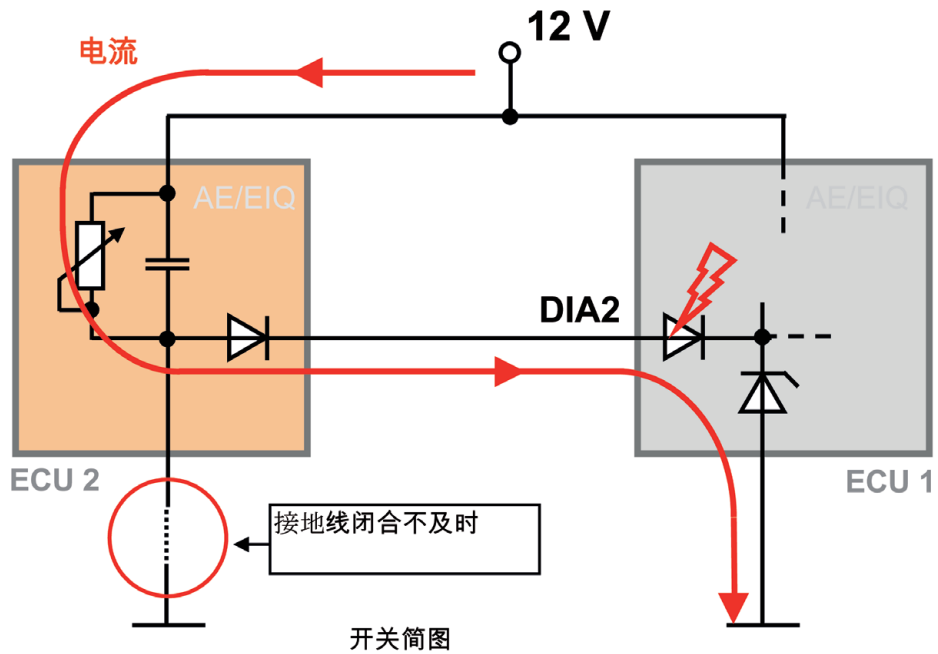
机械原理

在热插拔过程中, 由于 ECU2 没有接地而导致 ECU1 损坏的原理描述。



车内已经安装了 ECU1, 正在加装 ECU2。

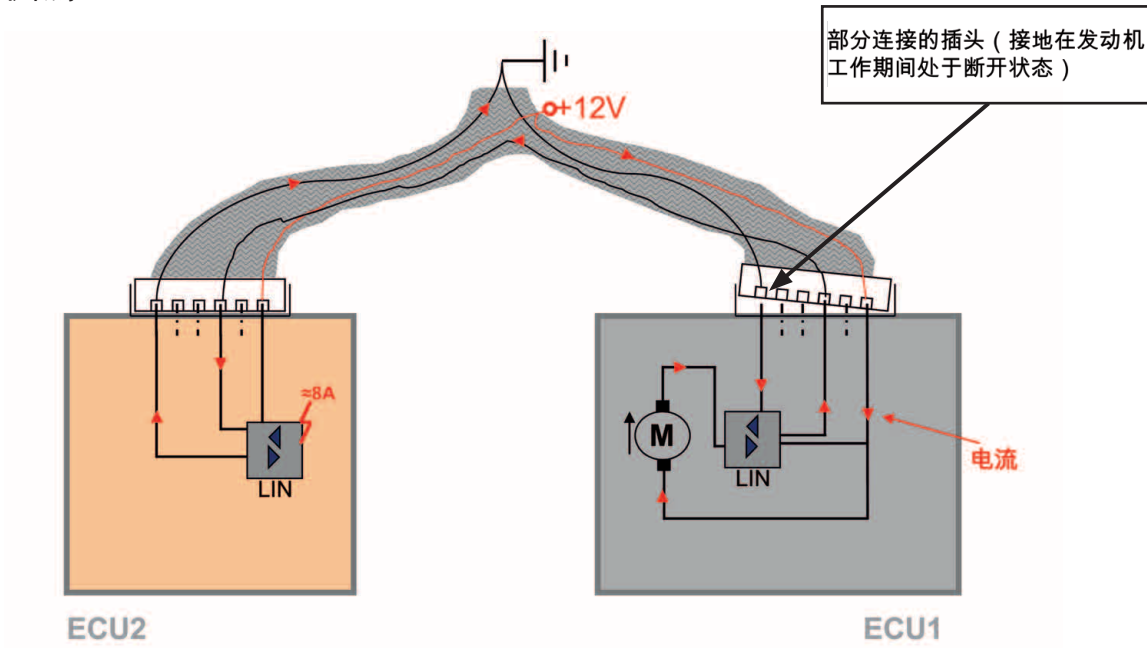
电路原理



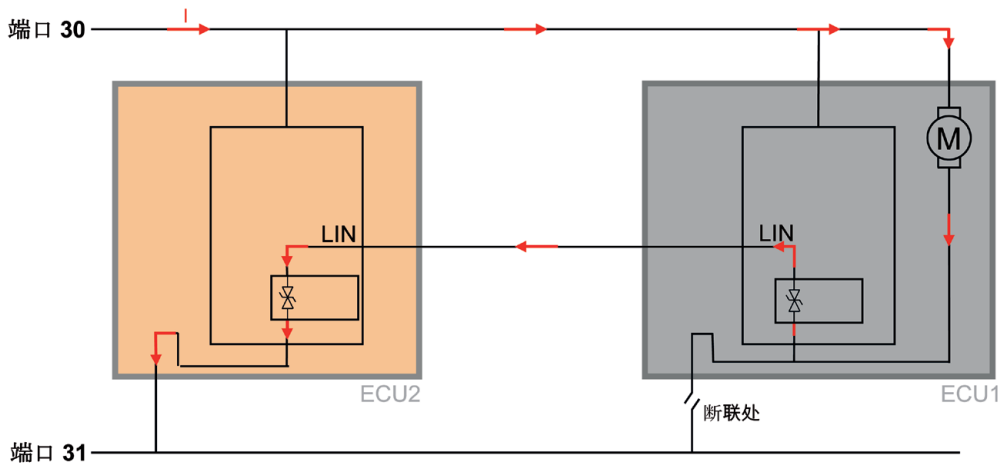
为避免设备受到损坏, 须使接地及时闭合。

2.3 电动车窗示例

机械原理



电路原理

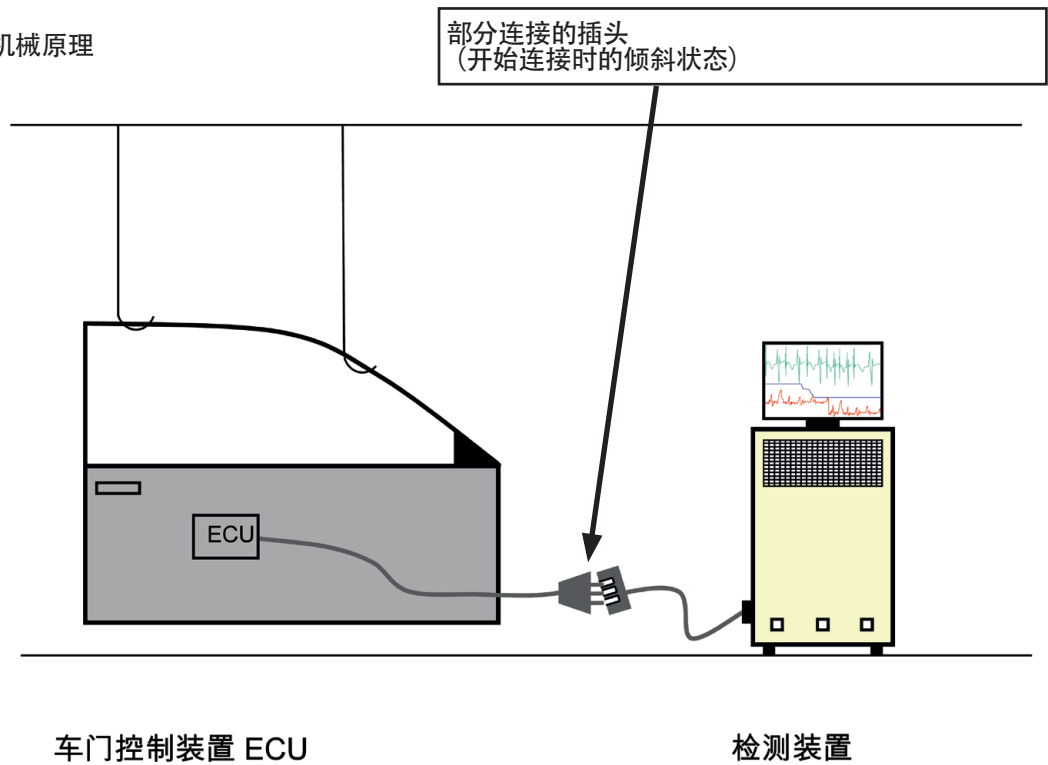


接地在发动机工作期间被断开（热插拔）。由此引起的互感电压会使控制单元 ECU1 内产生电压变化。

该电压变化通过 LIN 总线传到 ECU2 并可能在那儿损坏半导体部件。

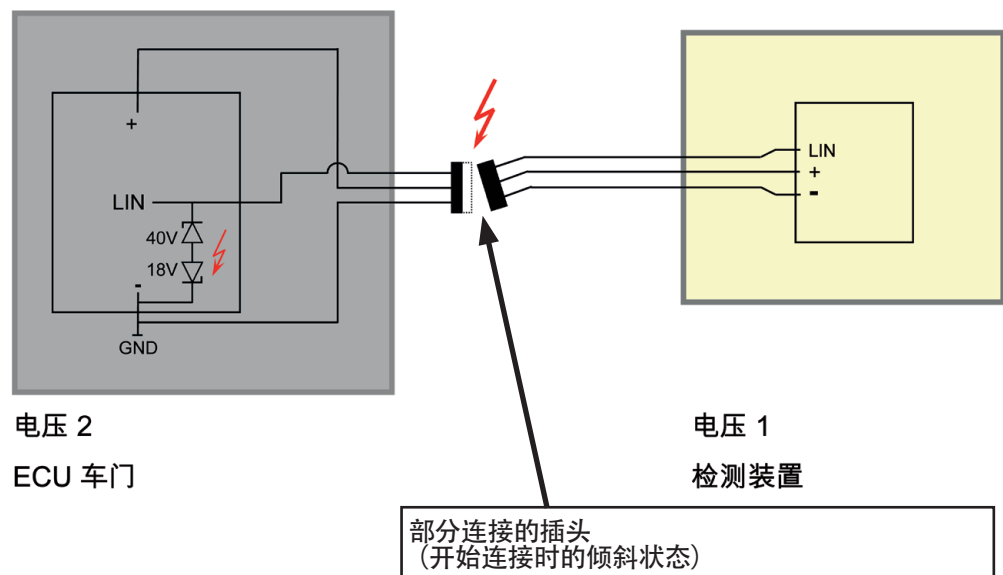
2.4 车门安装示例

机械原理



在车门的安装和调试过程中进行热插拔, 很可能会由于缺少必要的预接地连接装置而造成控制单元中半导体部件的损坏。

电路原理



主要的原因就是车门和检测装置之间的接地线存在一定的电势差。由于在车门上安装的电气部件与检测装置之间存在不同的电势, 因此容易产生补偿电流。

在上例中, 如果 LIN 先于接地闭合, 补偿电流就会流过 LIN 收发器。该电流在通过 LIN 收发器时会导致收发器受损或损毁。

问题的根本原因:

不断增加的集成密度, 不断缩小的安装空间以及不断提高的功率要求, 使得半导体部件的结构不断缩小, 从而导致 EOS 过载极限的降低。

重要提示

提高 ESD 保护装置的性能
无助于避免或者减少 EOS 损伤的发生。

3 插头装置的补救措施

3.1 一个或多个插头 (电源、信号) 的插入/拔出顺序

3.1.1 汽车电气组件或电缆束只有一个插头时

确保地线在插头插入时第一个闭合, 插头拔出时最后一个断开 (First Mate - Last Break)。

3.1.2 汽车电气组件上有多个插头时

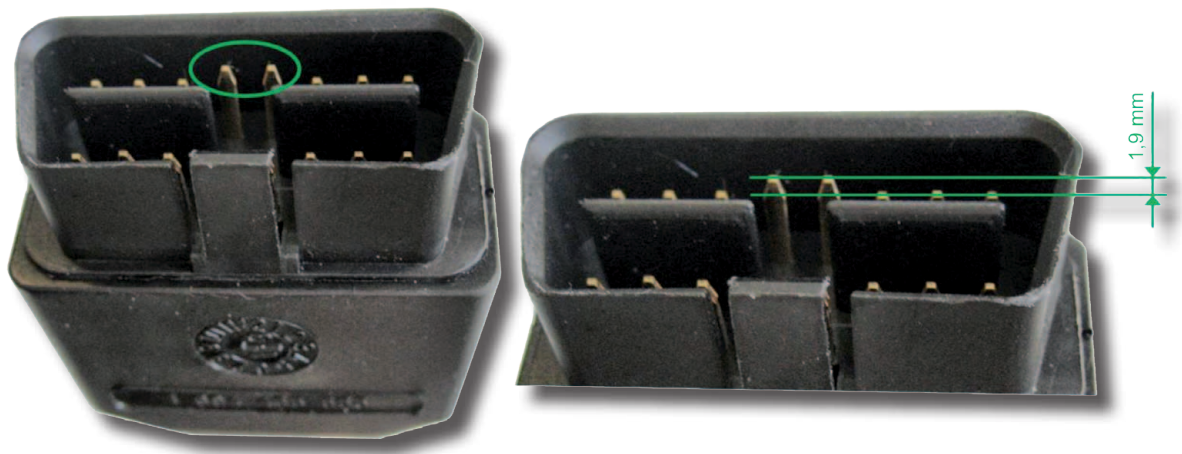
必须确保每一个插头在每一次插入时接地线先闭合, 数据线路后闭合。拔出连接装置时按照相反的顺序操作。

3.2 汽车的组装、运行、维护、修理和改装过程中使用的插头系统

3.2.1 车载诊断 II (OBDII, On Board Diagnose II)

OBDII 插头是目前最为理想的插头装置。该插头的预接地装置不论在发动机工作期间还是在熄火期间都能确保插头的安全连接。该插头是汽车行业中至今为止唯一一款实现了标准化并被广泛使用的热插拔连接装置。

有关详细信息, 请参阅 ISO 15031-3 标准。



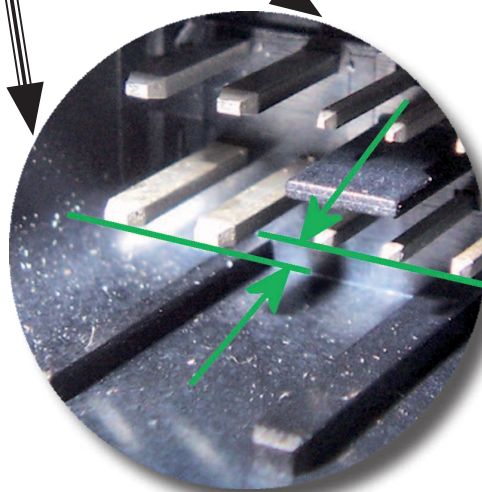
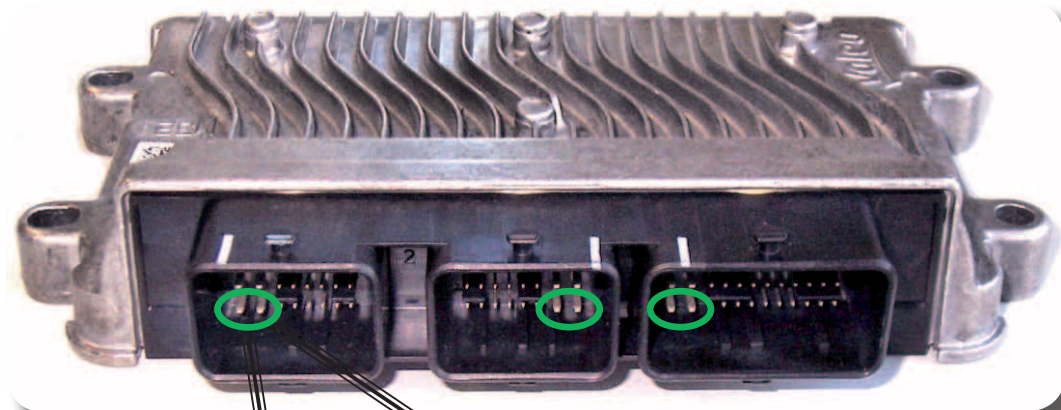
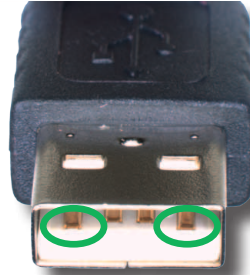
配有预接地连接系统的 OBDII 插头

3.2.2 汽车工业中的其他解决方案

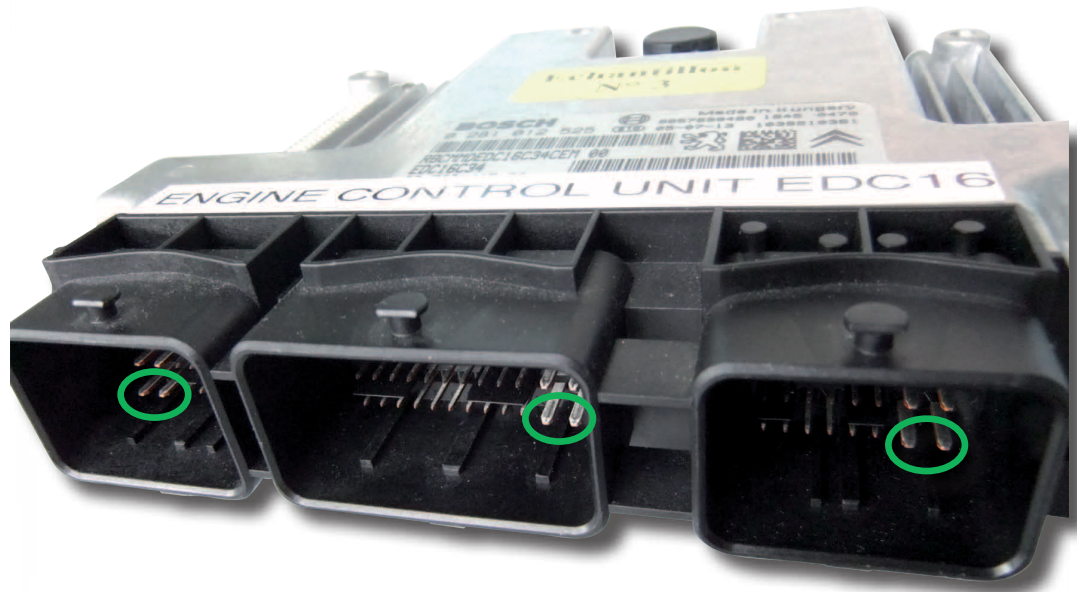
在现代汽车行业的信息娱乐领域，出现了设置不同的连接头长度的制式热插拔专用 USB 插头。

而控制单元部件却极少采用预接地连接方式应对热插拔。

以下为几个采用预接地的控制单元例子：



标致/雪铁龙汽车上配备的带预接地连接装置的法雷奥控制单元 J34P



标致/雪铁龙车型上配备的带预接地连接装置的博世控制单元 EDC16



Continental

Easy – U

A2C30907000

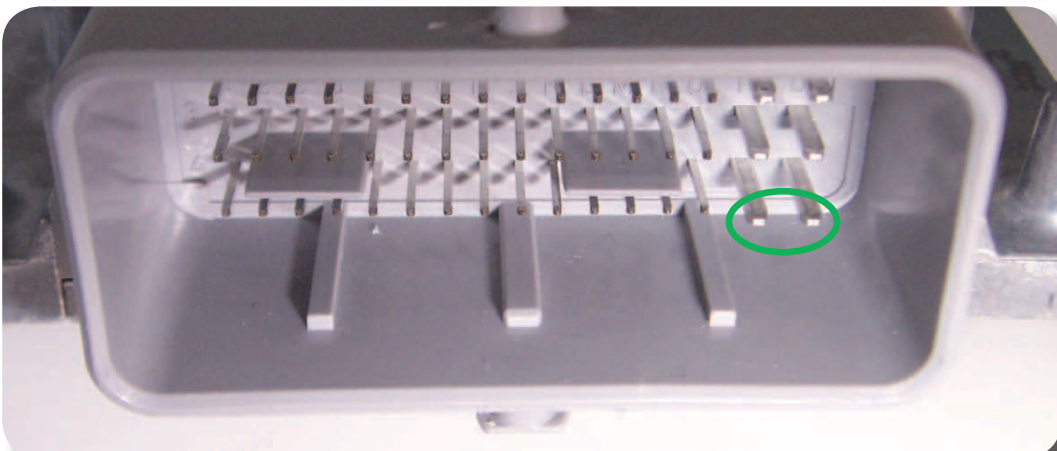
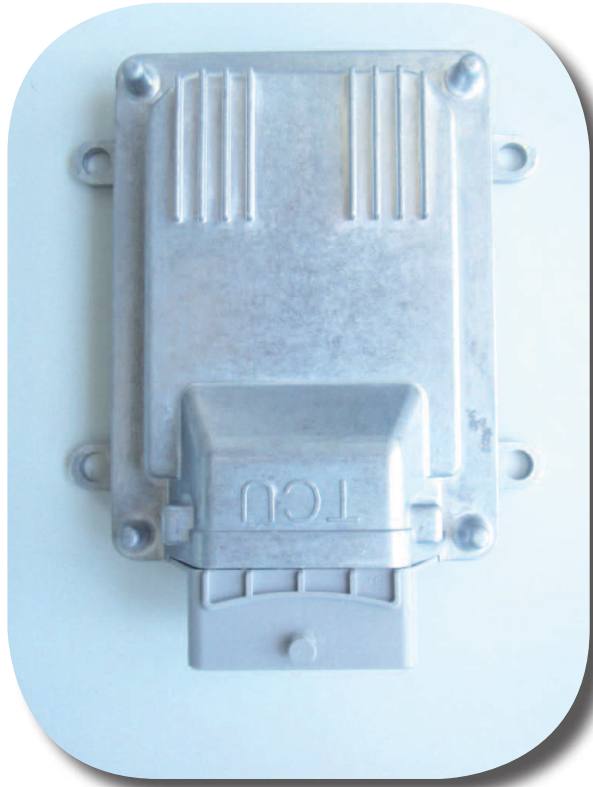
C 04.04.11/1 0164



3612000 – EG01A

Made in China

配备预接地连接装置的 Continental 控制单元



中国市场上带预接地连接装置的控制单元

结论

除上边介绍的几种产品之外, 所有其他插头都无法准确控制热插拔时出现的补偿电流的走向, 一切只能寄托于偶发概率。其结果, 完全有可能出现之前描述过的造成电子部件过载或损坏的情况出现。

补充说明

在整个连接工序中, 必须配备能够确保预接地连接的插头装置。

以下几个典型的需要关注的节点 (部分列表)

- 用于控制单元编程的测试台 (“刷程序”)
- 所有与委托外包方开发的部分工序连接的适配器
- 开关端口上的延长导线 (例如 OBDII 的测试器距离过远时)

除了机械原理方面的考量, 还要对预接地装置的电流承载能力进行确认。一般情况下, 预接地连接装置只承受短时间的电流负载, 因此其较小的电流承载能力即可满足要求。

只有当 ECU 采用了预接地措施, 才能确保保护作用。如果只在电缆束插头上采用预接地措施, 将不能确保保护作用, 比如当其他兼容的电缆束插头上没有采用预接地措施时。

除了预接地连接装置, 在一定条件下也可以通过增加保护线路的方式对电子控制部件加以保护。

但这种方法也有几个缺陷:

- 增加部件会增加成本
- 增加的部件需要安装空间
- 增加的部件需要一定的工作电压或者会降低电压
- 增加的部件会降低整体的稳定性
- 系统功率会降低 (比如 CAN 总线)

由于很难精确识别破坏性的脉冲, 通常无法对保护线路进行定义。
也就是说, 虽然增加了成本和工作量, 却依然无法排除系统失灵的巨大风险。

4 前景展望

4.1 兼容性

最基本原则是不对现有产品做任何改动。汽车制造厂家应该提高对供应商的要求,对规划中的产品及汽车内部的连接端口规定预接地要求。

考虑到成本问题,不建议对现有系统进行拓展,而是在设计新的结构时从一开始就将预接地考虑到计划之中,以便得到一个技术上及经济上皆最佳的解决方案。

4.2 当前讨论之中的汽车线束及插头系统的变更

目前,关于汽车线束变更的几个问题正在讨论之中。现在就是将预接地系统全面引进的适当时机。

讨论的变更包括:

- 线束生产将逐渐自动化
- 线束的铜横断面正在趋于缩小,因此插头也会发生相应改变
- 为方便使用来自其他车辆或生产商的元件及总成设备,为线束增加新的端口
- 有些导线将用铝制导线代替
- 采用扁平电缆
- 采用新的数据总线系统(以太网)
- 新产品,如 LED 大灯

4.3 成本效益

以 2011 年为例,粗略地估算出的车辆采用预接地连接装置后可以节省的成本:

全球生产车辆	7000 万
全球生产车用半导体 (ASIC, 控制器)	84 亿

假定采用预接地连接装置后可以避免百万分之一的断电故障,而一次故障所造成的成本损失为 5000 欧元,则可以得出如下数据:

避免的故障数 (84 亿件半导体部件的百万分之一)	8400 件
每次故障的成本	5000 欧元
所有故障的总成本	4200 万欧元
每辆车节省的成本 (4200 万欧元/7000 万辆)	每辆车 0.6 欧元

而通过将新的带有预接地连接装置的端口标准化,还将有进一步节省成本的空间。

5 总结

预接地连接装置如今已广泛应用于各个行业,用于进一步提高连接操作的安全性。

预接地连接装置在必要的信号线路及电路供应线路连接形成之前预先建立接地系统,以确保人员和电路的安全。

其优点在汽车行业也将得到充分的体现。

通过预接地装置,目前出现的很多半导体 EOS 故障都可以避免,尤其对于防止大规模故障而言其意义非常重大。

此项措施的采用将对实现零故障目标作出重要贡献。

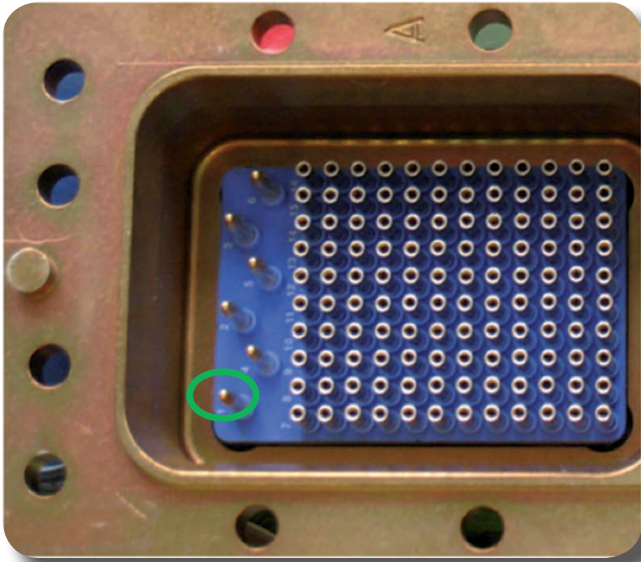
若想在各种各样的插头使用领域引入预接地连接装置,必须得到汽车制造商的支持 (“top down”)。

预接地系统的引入不仅需要各方提供各自的初期方案,还需要制定一个具体的时间表。

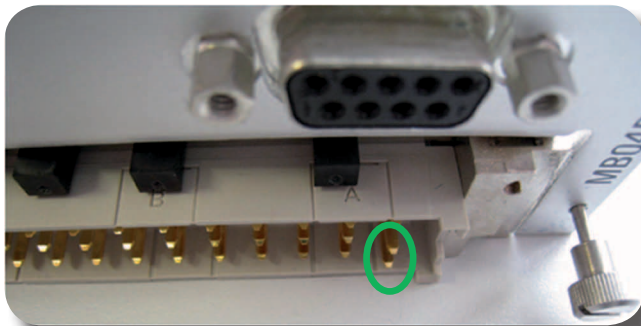
6 附录

下面是各种工业领域中带预接地连接装置的插头装置示例。

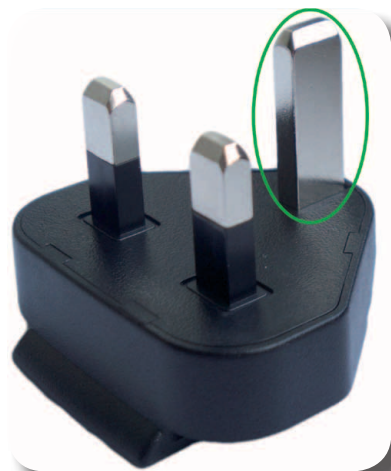
6.1 航空



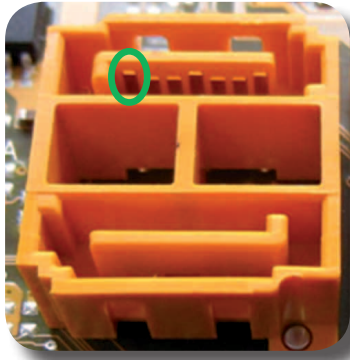
6.2 铁路



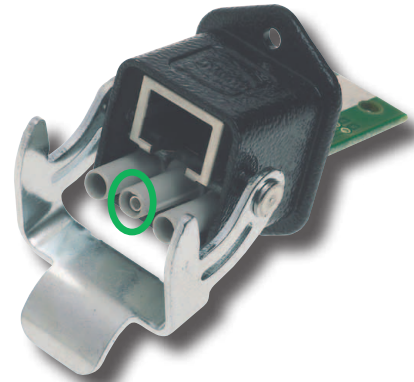
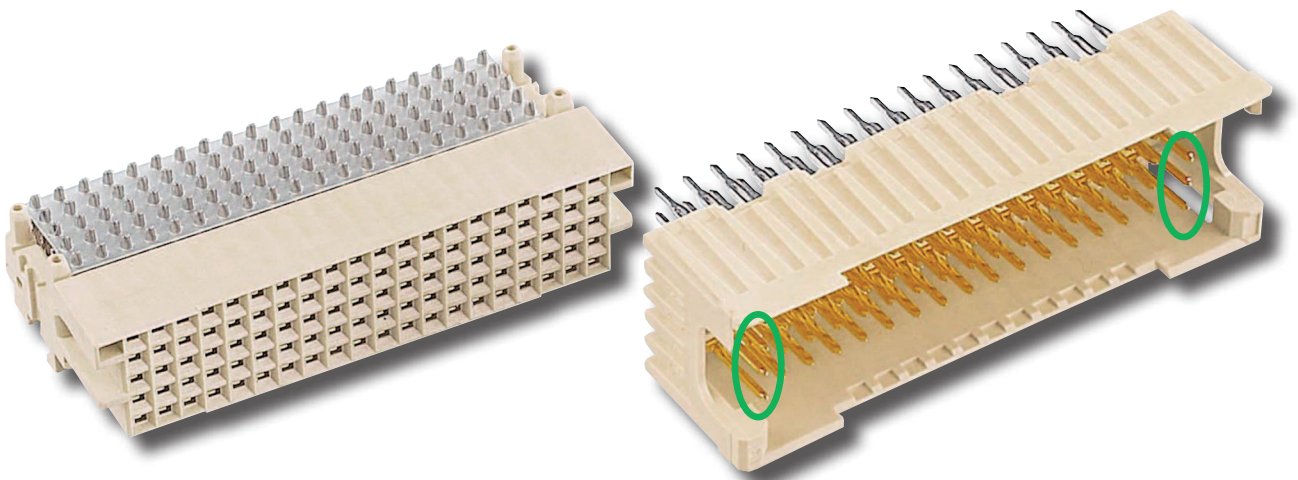
6.3 家庭电路网



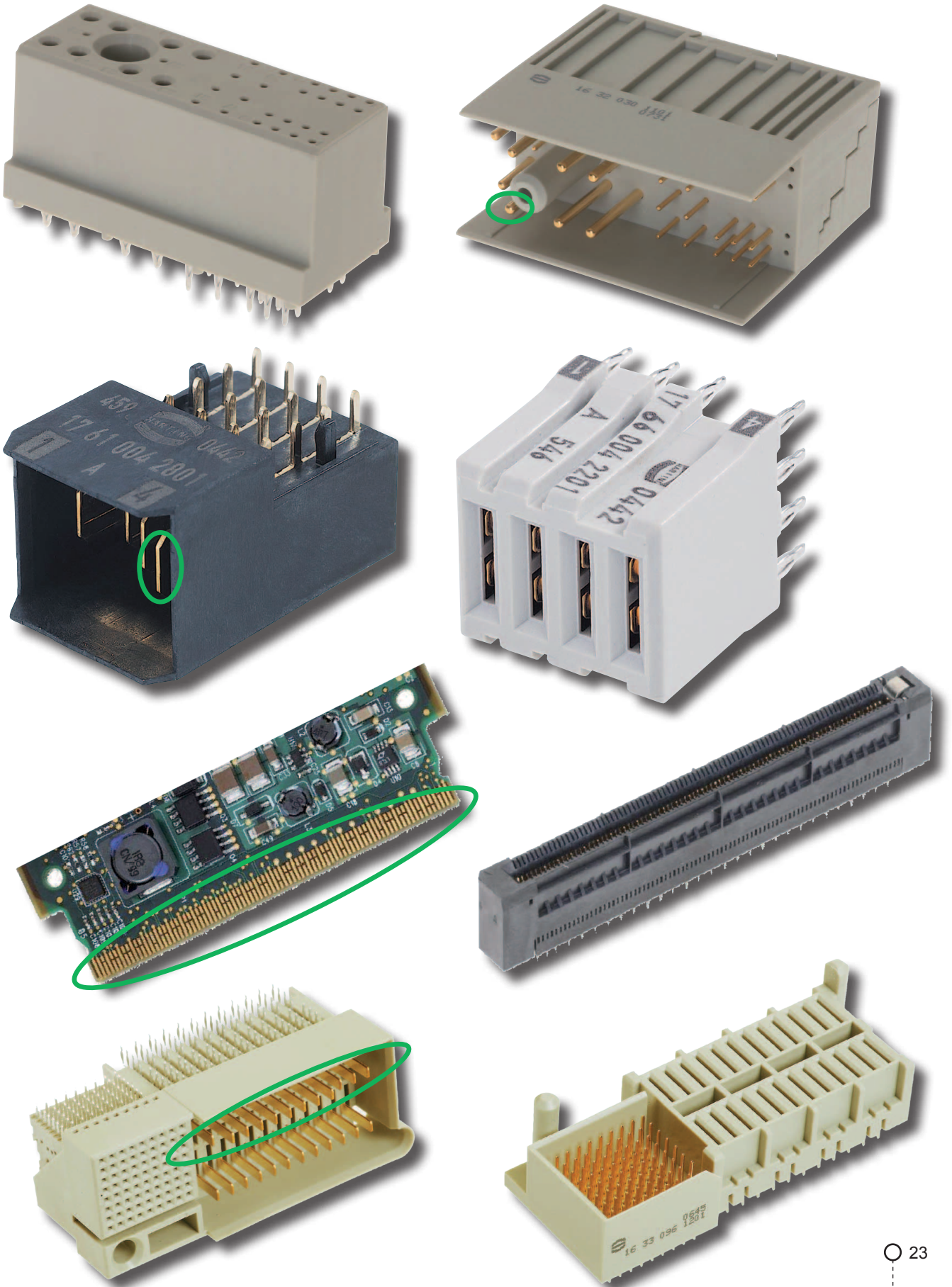
6.4 个人计算机



6.5 电信



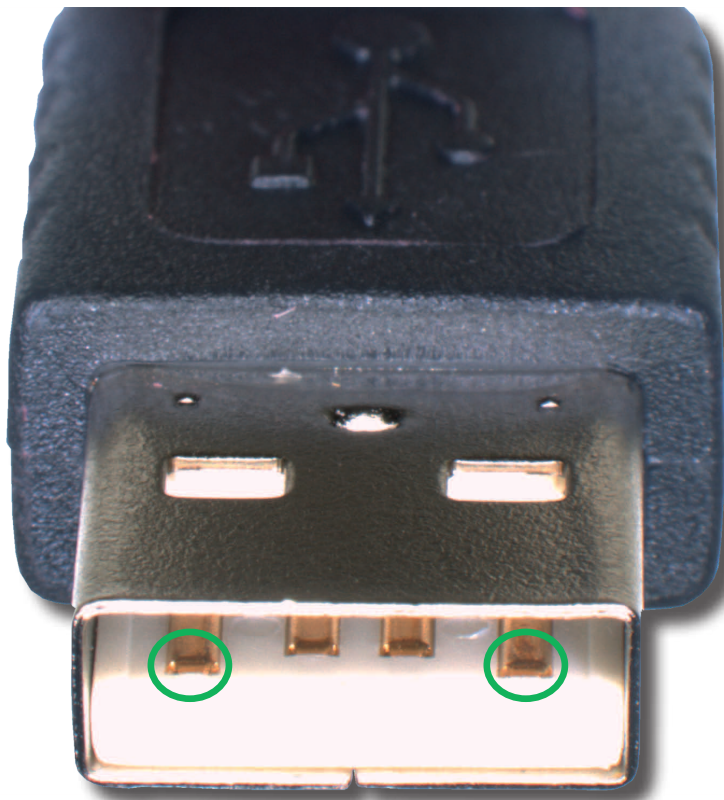
6.5 电信 - 续



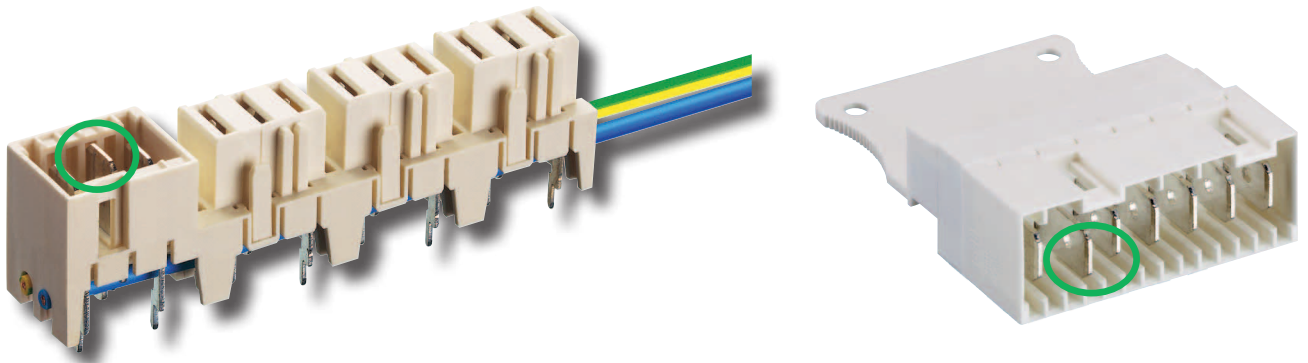
6.5 电信 - 续



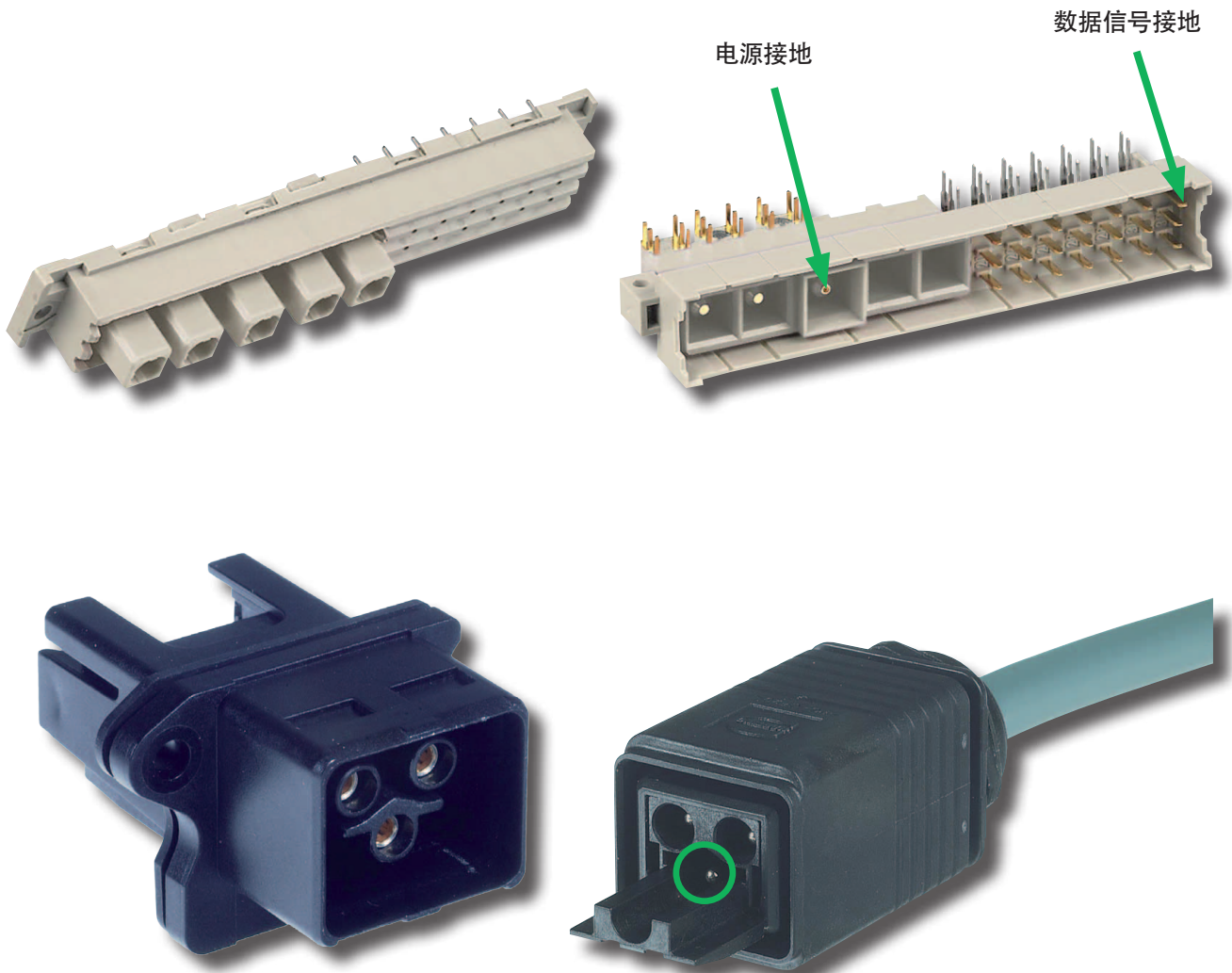
6.6 USB 2.0 (通用串行总线 2.0)



6.7 大型家用电器



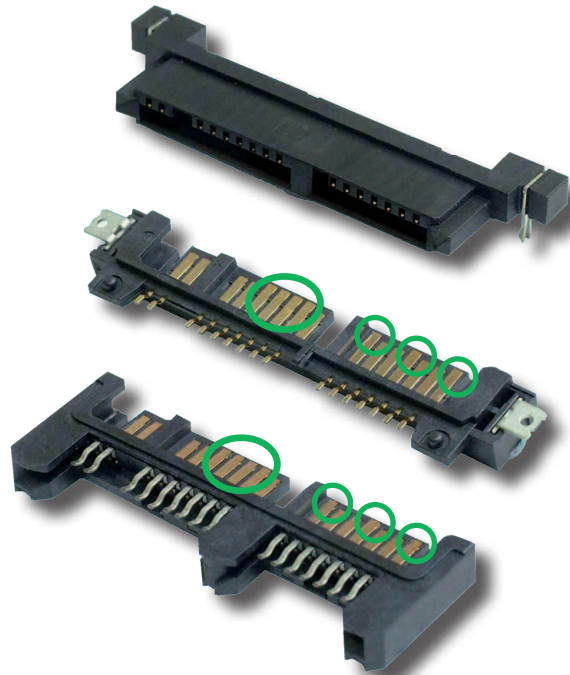
6.8 工业电源



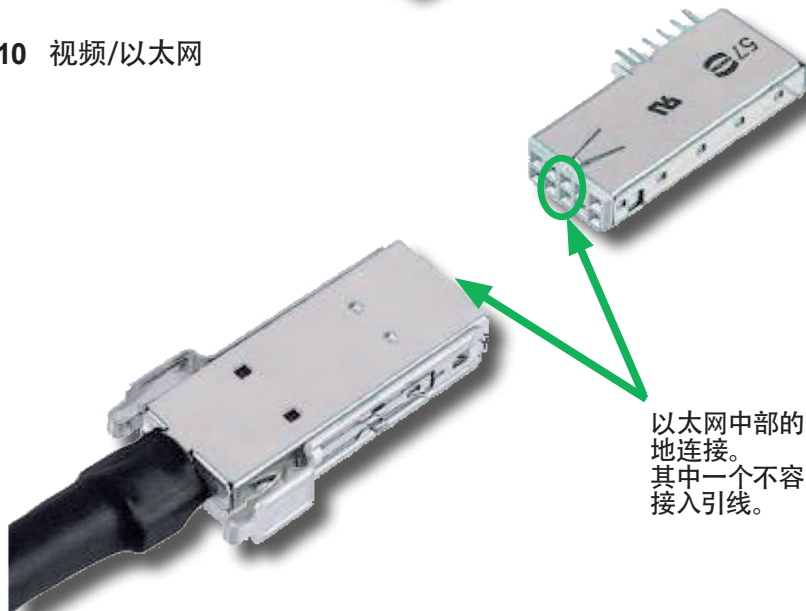
6.8 工业电源 - 续



6.9 数据与客户应用



6.10 视频/以太网



以太网中部的两个触点可用作接地连接。
其中一个不容易看到的针脚用于接入引线。



Die Elektroindustrie

ZVEI – German Electrical and Electronic Manufacturers' Association e.V.

Electronic Components and Systems (ECS) Division

PCB and Electronic Systems (PCB ES) Division

Lyoner Strasse 9

60528 Frankfurt am Main, 德国

电话: +49 (0)69 6302 - 276

传真: +49 (0)69 6302 - 407

电子邮件: zvei-be@zvei.org

www.zvei.org/ecs