

## 道路车辆-CAN-第三部分：

低速，容错，  
介质相关接口

2006-06-01

## 1 范围

此部分定义了设置一个在配备了交换传输速率在 40Kbps 到 125Kbps 的 CAN 的道路车辆电子控制单元之间数字信息交换特性。CAN 是串行通信协议，支持分布式控制和多路复用。这部分描述了低速 CAN 应用的容错行为，和基于 ISO/OSI 层模型的物理层。下面的物理层部分覆盖了这部分：

-介质有关接口（MDI）

-物理介质附件（PMA）

另外，物理层信号部分和介质访问控制部分也通过此部分定义影响到。

OSI 模型其他层或者子 CAN 协议里没有对应部分或是应用层的一部分或者不影响低速 CAN 物理层的容错行为，因此这部分没有提及。

## 2 术语和定义

针对此文档，应用如下术语和定义

### 2.1 总线

一种通信网络拓扑，所有的节点通过无源连接，并允许双向传输。

### 2.2 总线故障

物理总线故障导致的故障，比如断开，短路

### 2.3 总线值

两种互补逻辑值中的一个：显性或隐性

注意 显性值代表逻辑 0，隐性代表逻辑 1。在同时传送显性位和隐性位时，总线为显性。

### 2.4 总线电压

$V_{CAN\_L}$  和  $V_{CAN\_H}$  定义每个单独 CAN 节点的总线 CAN\_L 和 CAN\_H 相对于地的电压。

注意  $V_{CAN\_L}$  和  $V_{CAN\_H}$  表示总线电压

### 2.5 差分电压

$V_{diff}$

CAN\_H 和 CAN\_L 总线之间的电压：

注意： $V_{diff}=V_{CAN\_H}-V_{CAN\_L}$

### 2.6 无故障通信

没有信息丢失的工作模式

### 2.7 容错

在规定的总线故障状态下的能力，至少性能降低。

比如：信噪比降低

### 2.8 收发环路时延

延时从发送逻辑信号到收发器的逻辑输入端到收发器逻辑输出端检测到此信号。

### 2.9 低功耗模式

功耗降低的工作模式

注意：低功耗模式的节点不中断其他节点之间的通信

### 2.10 节点

一种装置，连接到通信线上，能通过给定的通信协议规范进行网络通信。

### 2.11 正常模式

一种收发器的工作模式，能有效的参与（发送和/或接收）网络通信。

### 2.12 工作电容

$C_{op}$

从一个或多个节点看到的总线和连接器的总的电容。由网络拓扑和物理介质特性决定。

### 2.13 物理层

连接 ECU 到总线的电气电路实现

### 2.14 物理介质（总线的）

线束对，平行或双绞，屏蔽或非屏蔽

注意：单个线表示为 CAN\_H 和 CAN\_L

### 2.15 接收器

将发送的物理信号转换成逻辑信息或数据信号的设备

### 2.16 发送器

将逻辑信息或数据信号转换成电气信号的设备，以便这些信号能通过物理介质进行传输。

### 2.17 收发器

将逻辑信号转换成物理信号或物理信号转换成逻辑信号的设备。

## 3 缩略语

ACK 应答

CAN 控制器局域网

CRC 循环冗余校验

CSMA 载波侦听多路访问

DLC 数据长度代码

ECU 电子控制单元

EOF 帧结束

FCE 故障约束实体

IC 集成芯片

LAN 局域网

LLC 逻辑链路控制

LME 层管理实体

LPDU 逻辑链路控制协议数据单元

LSB 最低有效位

LSDU 逻辑链路控制服务数据单元

LS-MAU 低速介质访问单元

MAC 介质访问控制

MAU 介质访问单元

MDI 介质专用接口

MPDU 介质访问控制协议数据单元

MSB 最高有效位

MSDU 介质访问控制服务数据单元

NRZ 不归零制

OSI 开放系统互联  
PL 物理层  
PLS 物理层信号  
PMA 物理介质接入设备  
RTR 远程发送请求  
SOP 帧起始

4 开放系统互联参考模型

根据图 1 的开发系统互联参考模型，CAN 架构表示两层：  
-数据链路层  
-物理层  
ISO11898 这部分描述了容错低速 CAN 收发器物理层。只给出一小部分对数据链路层的影响。

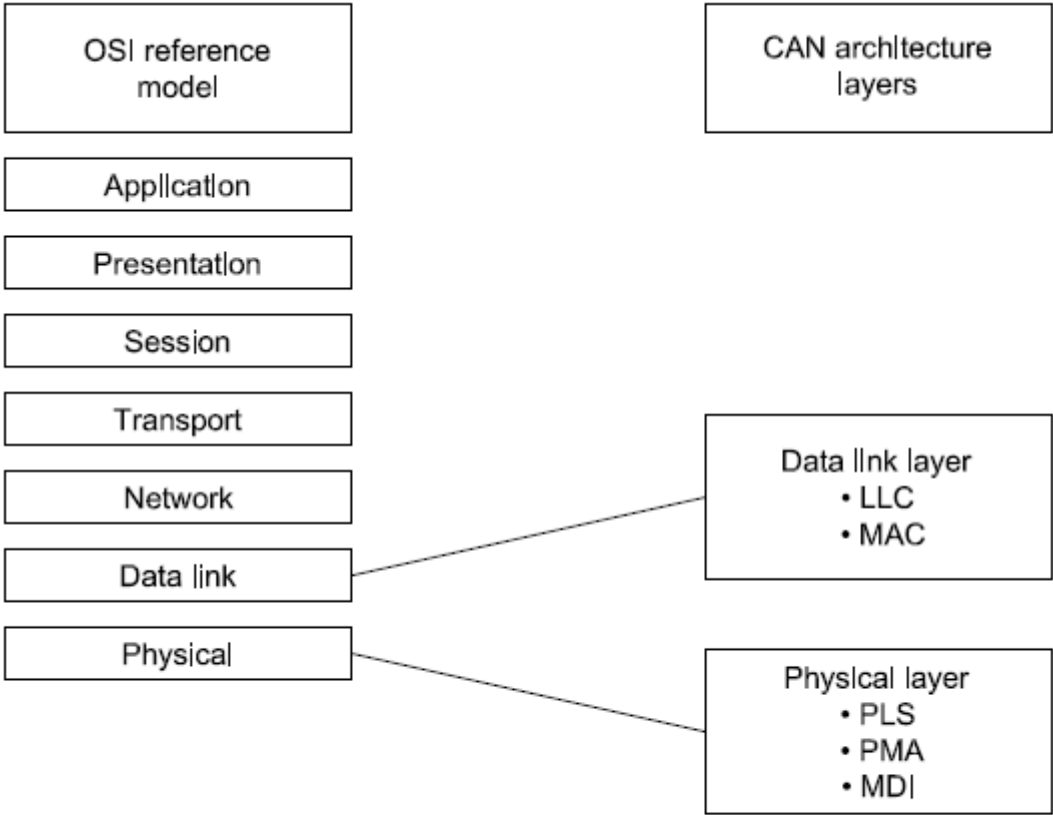


Figure 1 — OSI reference model/CAN layered architecture

5 介质专用接口说明

5.1 物理介质

5.1.1 概述

用于传送 CAN 广播的物理介质应当为平行（或双绞）线，屏蔽或非屏蔽，基于 EMC 需求。单根总线表示为 CAN\_H 和 CAN\_L。在显性状态，CAN\_L 比隐性状态电压更低，CAN\_H 比隐性状态电压更高。

5.1.2 节点总线连接

CAN\_H 和 CAN\_L 两个线束通过终端网络结束，应通过个别的节点自己实现。每个线束的所有终端电阻应当大于或等于 100R。然而，由于半导体厂商的限制，指定的节点的终端电阻值应当不低于 500R，为表明隐性状态 CAN\_L 为 VCC，CAN\_H 是 GND，图 2 表明了指定总线节点的正常终端。

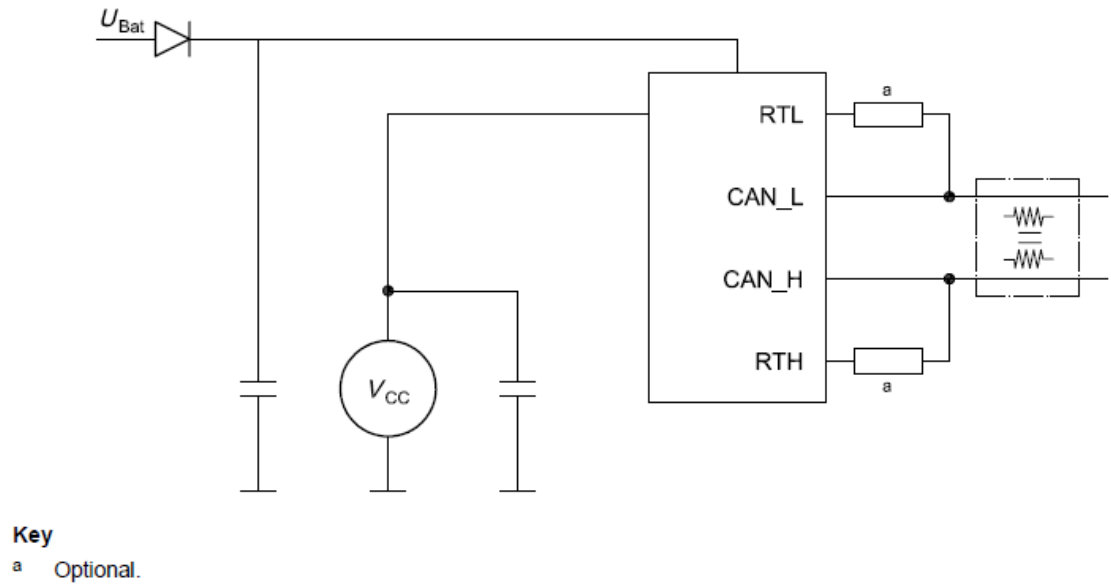


Figure 2 — Termination of a single bus node

在图 2 中，终端电阻是可选的。那意味着在特定状态下不是所有的节点都需要单个的终端。如果正常的整个终端需求是满足的。

5.1.3 工作电容

针对一般应用与汽车中单根线束模型，下面的说明是有效的。包括一对双绞铜线，通过 5.1.4 描述的拓扑连接，下面图 3 和 4 的基本模型用于计算。

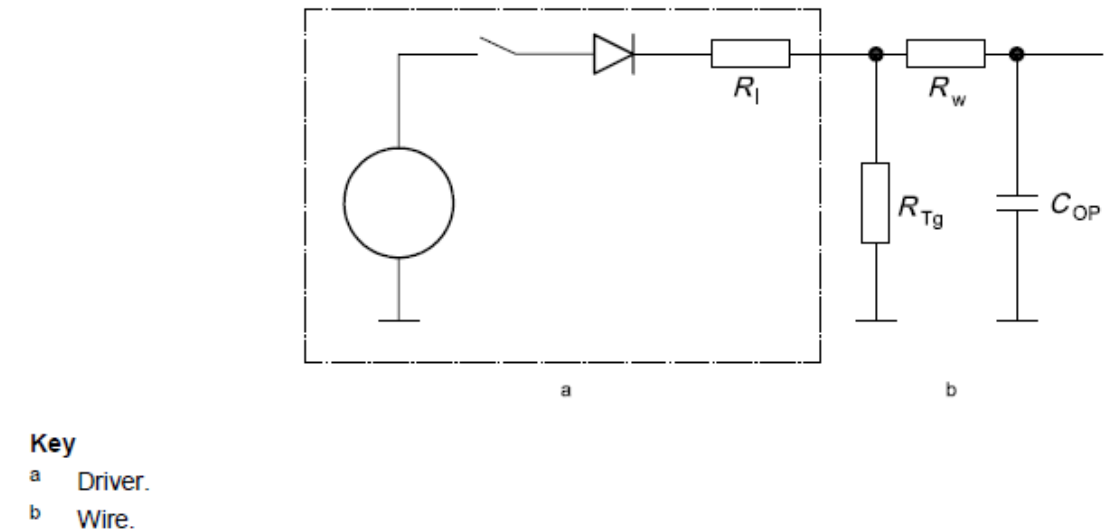
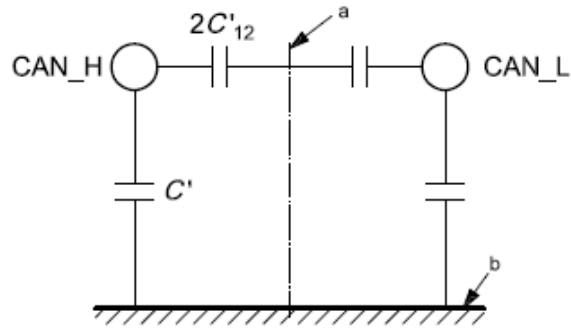


Figure 3 — Substitute circuit for bus line



#### Key

- a Symmetric axis.
- b Ground.

**Figure 4 — Operating capacitance referring to network length  $l$**

工作电容计算采用公式 1

$$C_{op} = l(C' + 2C'_{12}) + nC_{node} + kC_{plug} \quad (1)$$

其中

$C_{op}$  是工作电容；

$C'$  是参考线束长度以米为单位的线到地的电容

$C'_{12}$  是参考线束长度以米为单位的两个线束之间的电容（假定是对称的）

$C_{node}$  是总线测看到的接到总线的节点电容

$C_{plug}$  是一个接入的连接器的电容

$l$  是整个网络线缆的长度

$n$  是节点的数量

$k$  是接插件的数量

举例 参考整个网络线缆长度，如下描述的典型网络的工作电容典型值：

$$(C' + 2C'_{12}) = 120 [\text{pF/m}]$$

#### 5.1.4 介质时间

最大允许的工作电容受限于网络内部参数，比如：

- 整个终端电阻  $R_{term}$ ；
- 线束模型和拓扑；
- 通信速率；
- 采样点和电压阈值；
- 地漂，等等。

以下公式提供了一种方法来评估最大允许的工作电容。

$$R_{term}C_{OP} = \tau_C = \frac{\frac{s_p}{f_{bit}} - 2t_l - t_{sync}}{\ln(V_0 + V_{GND}) - \ln V_{th}} \quad (2)$$

其中

$R_{term}$  是整个网络终端电阻（大约 120R）

$C_{OP}$  是工作电容，如式 1 所述；

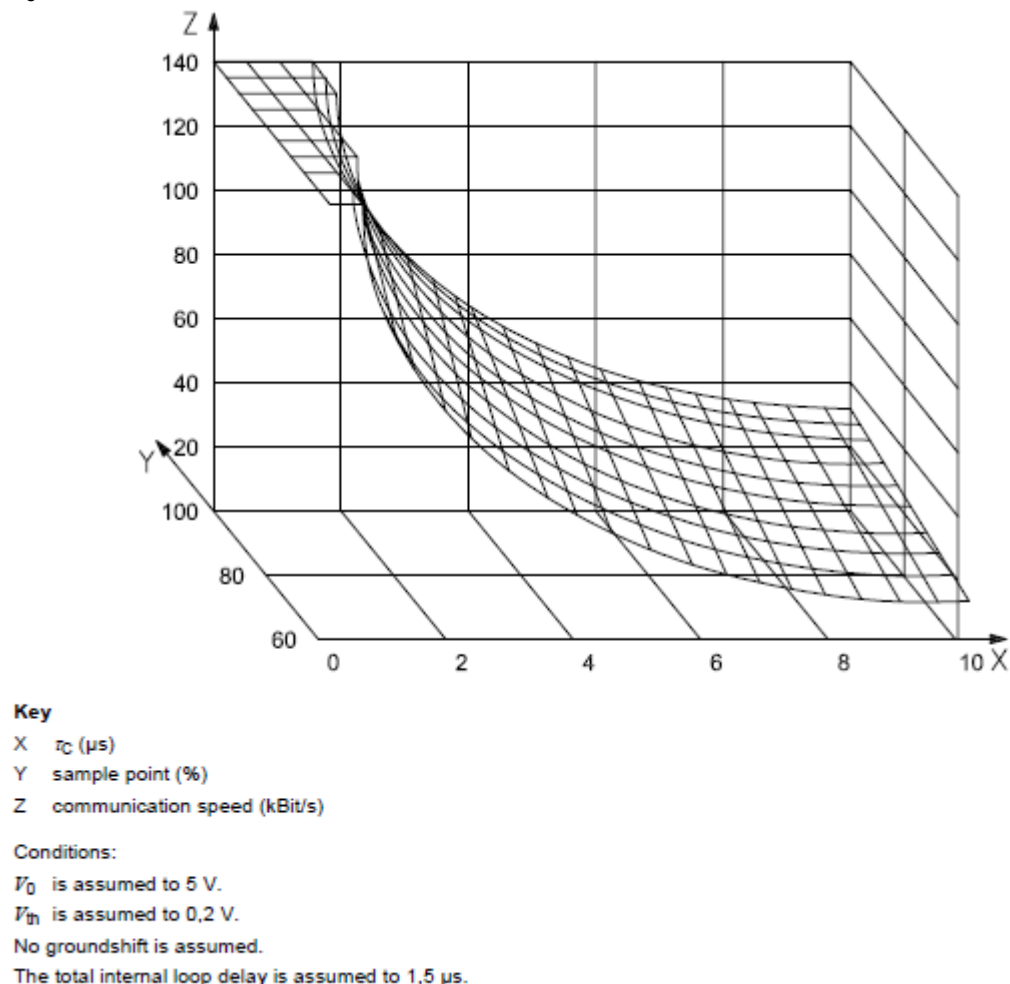
$\tau_C$  是总线的时间常数；

$s_p$  是一个位的采样点，百分比表示；

$f_{bit}$  是比特率或物理通信速率，用位每秒表示；

$t_l$  是收发器设备的整个环延时时间；

$t_{sync}$  是两个节点之间最大可能的同步延时；  
 $V_0$  是总线最大电平（通常为 5V）；  
 $V_{th}$  是采样电压阈值（通常小于 0.5V）  
 $V_{GND}$  代表最大允许的有效地偏（最大 3V）；  
 $\tau_c$  的计算结果如图 5 所示。



**Figure 5 — Maximum communication speed versus  $\tau_c$  and the sample point**

根据经验，可能的最大时间常数  $\tau_c$  用式 3 计算：

$$\tau_c \leq \frac{1}{6f_{bit}} \quad (3)$$

其中  $f_{bit}$  代表位率或物理通信速度，用位每秒表示。

## 5.2 物理信号

总线有两种逻辑状态隐性和显性中的一种（见图 6）。为在两种状态之间区分，采用差分电压  $V$ ：

$$V_{diff} = V_{CAN\_H} - V_{CAN\_L}$$

其中  $V_{CAN\_H}$  是  $CAN\_H$  线的电平；

$V_{CAN\_L}$  是  $CAN\_L$  线的电平

在隐性状态， $CAN\_L$  线固定为高于  $CAN\_H$  的高电平，通常，这会导致负的差分电压  $V_{diff}$ 。隐性状态在总线空闲或隐性位时传送。

显性状态通过正的差分电压  $V_{diff}$  表示，这意味着  $CAN\_H$  是有效的固定在高的电平， $CAN\_L$  有效固定在低电平。显性状态覆盖隐性状态，并在显性位传送。

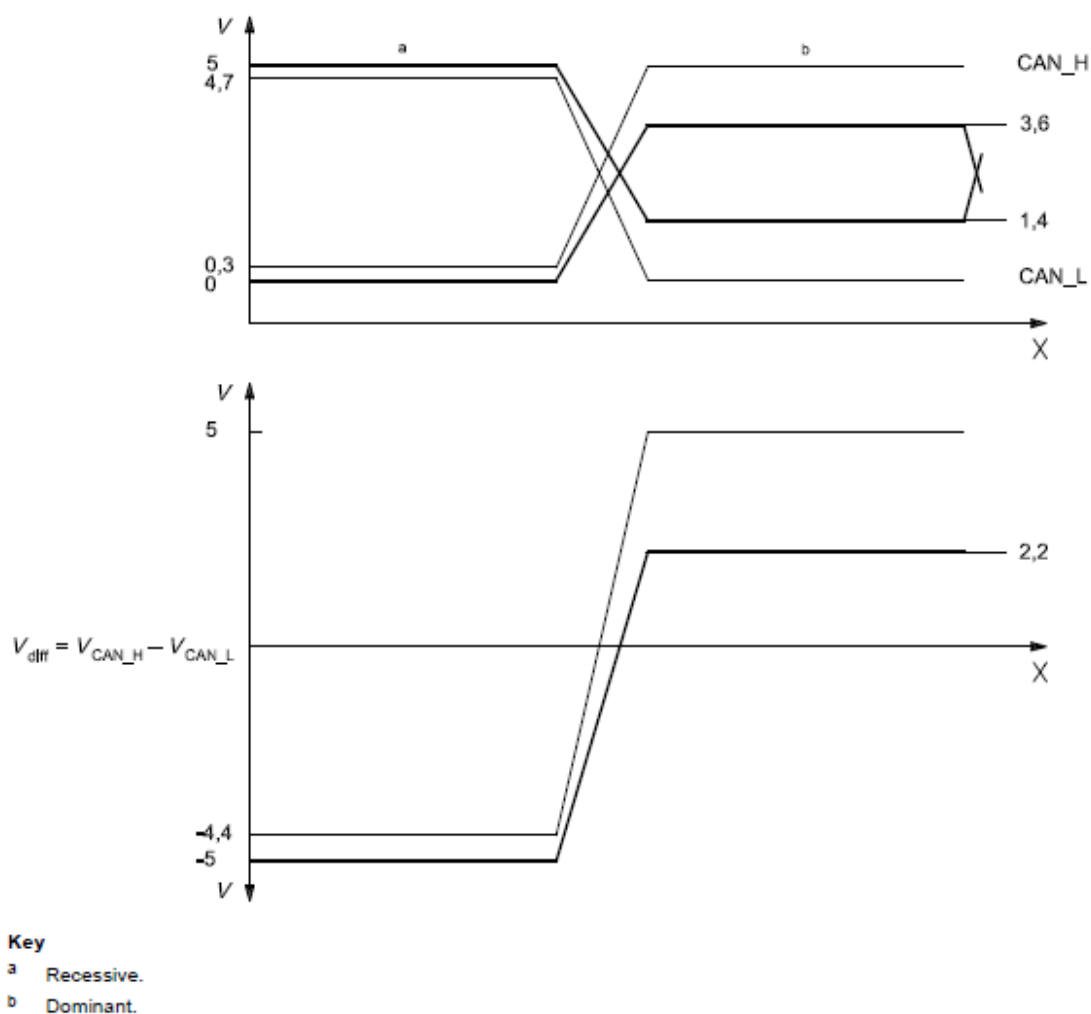


Figure 6 — Physical bit representation

### 5.3 电气特性

#### 5.3.1 ECU 电气边界电压

表 1 给定的参数应当对最大节点连接电压有效。

Table 1 — Ratings of  $V_{CAN\_L}$  and  $V_{CAN\_H}$  of an ECU in 12 V and 42 V systems

Notation		Voltage	
		min. <sup>a</sup> V	max. V
12 V system	$V_{CAN\_L}$	-27,0	40,0
	$V_{CAN\_H}$	-27,0	40,0
42 V system	$V_{CAN\_L}$	-58,0	58,0
	$V_{CAN\_H}$	-58,0	58,0
No destruction of transceiver occurs. The transceiver should not affect communication on the net. The voltage levels may be applied without time restrictions.			
<sup>a</sup> Possible if $V_{GND}$ is disconnected or during jump start conditions.			

共模总线电压， $V_{COM}$ ，是：

$$V_{COM} = \frac{V_{CAN\_L} + V_{CAN\_H}}{2} \quad (2)$$

其中

$V_{CAN\_L}$  是 CAN\_L 线的电平;

$V_{CAN\_H}$  是 CAN\_H 线的电平;

共模电压,  $V_{COM}$ , 对于正常工作模式下无干扰系统, 必须保证在表 2 规定的极限内。

**Table 2 — Common mode voltage, for undisturbed system in normal mode**

Parameter	Notation	Unit	Value		
			min.	nominal	max.
Common mode voltage	$V_{COM}$	V	-1	2,5	6

### 5.3.2 物理信号的直流参数

见表 3 到 表 5。

**Table 3 — DC parameters for the recessive state of an ECU connected to the termination network via bus line**

Parameter	Notation	Unit	Value		
			min.	nominal	max.
Bus voltage	$V_{CAN\_L}$	V	$V_{CC} - 0,3^a$	—	—
	$V_{CAN\_H}$	V	—	—	0,3
Differential bus voltage <sup>b</sup>	$V_{diff}$	V	$-V_{CC}$	—	$-V_{CC} + 0,6$

<sup>a</sup>  $V_{CC}$  is nominal 5 V.

<sup>b</sup> The differential voltage is determined by the input load of all ECUs during the recessive state. Therefore,  $V_{diff}$  decreases slightly as the number of ECUs connected to the bus increases.

**Table 4 — DC parameters for the dominant state of an ECU connected to the termination network via bus line**

Parameter	Notation	Unit	Value		
			min.	nominal	max.
Bus voltage	$V_{CAN\_L}$	V	—	—	1,4
	$V_{CAN\_H}$	V	$V_{CC} - 1,4^a$	—	—
Differential bus voltage	$V_{diff}$	V	$V_{CC} - 2,8$	—	$V_{CC}$

<sup>a</sup>  $V_{CC}$  is nominal 5 V.

**Table 5 — DC parameters for the low power mode of an ECU connected to the termination network via bus line**

Parameter	Notation	Unit	Value		
			min.	nominal	max.
Bus voltage	$V_{CAN\_L}$	V	5	—	—
	$V_{CAN\_H}$	V	—	—	1

### 5.3.3 比较器的直流参数

见表 6 到表 7。

**Table 6 — DC threshold of dominant, recessive and failure detection in normal mode and vice versa**

Parameter	Notation	Unit	Value		
			min.	nominal	max.
Single ended bus receiver	$V_{thCAN\_L\_N}$	V	2,5	—	3,9
	$V_{thCAN\_H\_N}$	V	1,5	—	2,3
Differential bus receiver	$V_{thDiff\_N}$	V	-3,9	—	-2,5
CAN_L to BAT detector	$V_{thLxBAT\_N}$	V	6,5	—	8,0
CAN_H to BAT detector	$V_{thHxBAT\_N}$	V	6,5	—	8,0



Table 7 — DC threshold for wake-up and failure detection in low power mode

Parameter	Notation	Unit	Value		
			min.	nominal	max.
Wake-up threshold	$V_{th(wake)L}$	V	2,5	3,2	3,9
	$V_{th(wake)H}$	V	1,1	1,8	2,5
Wake-up threshold difference	$\Delta V_{th(wake)}$	V	0,8	1,4	—

5.4 网络规范

单个 CAN 节点能连接到通信网络，或者通过总线拓扑，或者星型拓扑（见图 7 和图 8）。

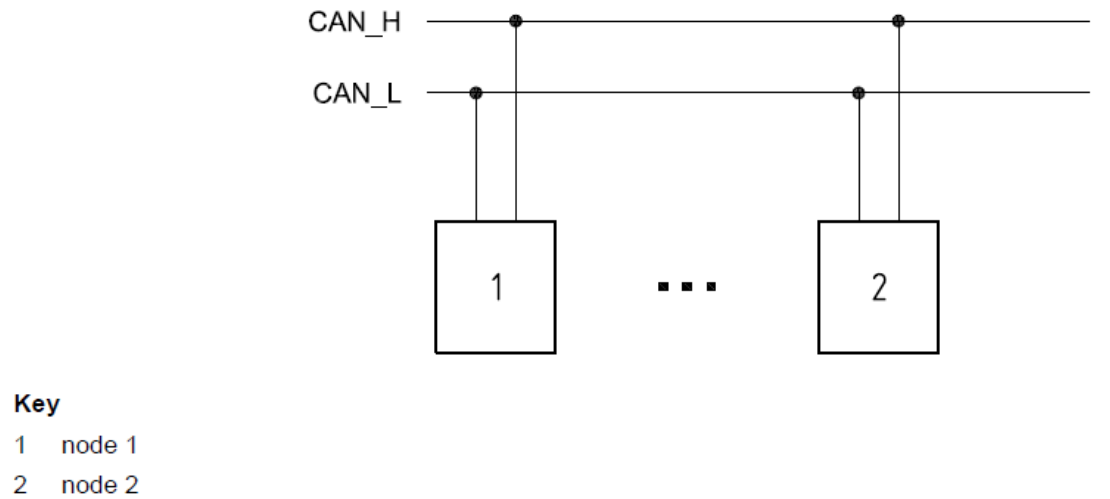
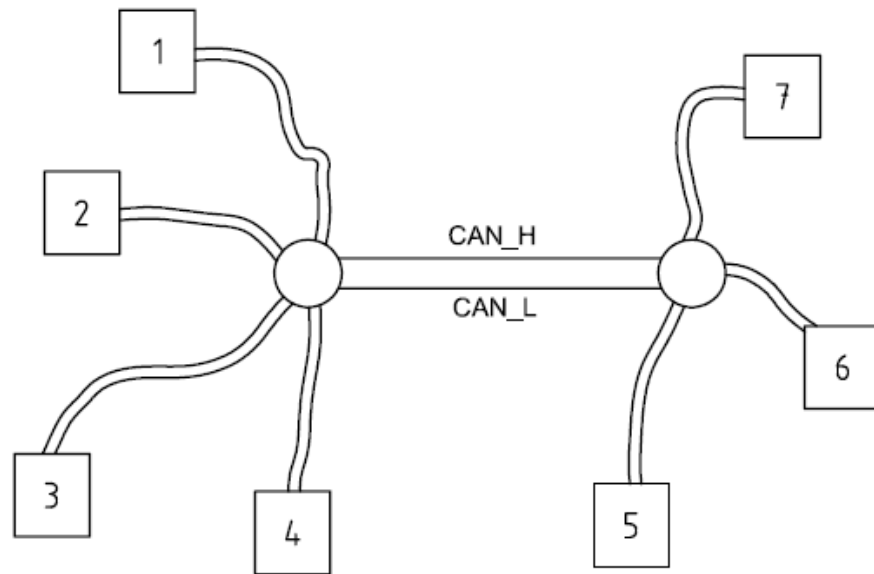


Figure 7 — Connecting model; bus structure with stub lines

然而，对于任何连接方式，下面的需求都应满足，目的是提供容错方式：

- 全部的网络终端电阻应大约为 100R（但是不能小于 100R）终端概念的详细说明参见 5.4.2.
- 最大可能的参与节点数量不应小于 20（在 125KBps 和整个网络长度 40m 情况下）。实际节点的数据虽通信速率，容性网络负载，整个线长，网络终端形式等而变化。

为提供最大 125KBps 通信速率，整个网络长度不应超过 40m，然而，通过降低实际通信速率来增加整个网络的长度是有可能的。



#### Key

- 1 node 1
- 2 node 2
- 3 node 3
- 4 node 4
- 5 node 5
- 6 node 6
- 7 node  $n$

**Figure 8 — Connecting model, star point structure**

对于星型配置，一些额外的限制如下：

- 单个节点连接在一个或多个无源星型点上，通过正常总线结构连接；
- 甚至一些连接线（星型连接器到节点）可能扩展到几米；不推荐用短接线。
- 整个网络的长度（所有连接的星型线长度加起来）和最大节点到节点的距离影响网络通信。

举例 对于大多数 ISO11898 此部分的例子，用到如下网络拓扑：

- 星型连接方式是两个星型点；

网络终端所有电阻 100R；

节点数量大约为 20 个

整个网络长度大约为 40 米

最大的节点到节点距离是 20 米

线电容/长度大约为 120pF/m

#### 5.4.2 网络终端

##### 5.4.2.1 概述

5.2 描述的隐性总线电平是通过总线终端保证的。显性总线电平有效地覆盖隐性总线状态。显性到隐性电平的转换也是通过终端电阻做到的。然而没有指定的终端网络或电路。此外，终端连接到大多数参与的节点。

##### 5.4.2.2 终端模式

基本上，有两种主要的终端模式：

- 正常模式终端，和
- 低功耗模式终端。

由于 7.2 描述的故障管理，实际的总线终端依赖于实际收发器处于的故障模式。  
为代表隐性状态，CAN\_H 线端接到地（用一个下拉电阻）在任何一种模式下（正常或低功耗模式）、在正常电源模式下，CAN\_L 通过上拉电阻到 VCC，然而，在低功耗模式下，CAN\_L 通过收发器内部的开关打到高端端接电阻，端接到 VBAT。

#### 5.4.2.3 终端概念

通过连接 CAN\_L 线到收发器的 RTL 管脚，CAN\_H 到 RTH 管脚提供终端。

通过连接终端管脚，下述需求应当考虑：

- 由于内部电路电流限制和 CAN 电压，一根线上的所有网络中断电阻（所有连接到 RTL 或 RTH 管脚的并联电阻）应当大约为 100R。

- 由于内部电路电流的限制，连接到单个 CAN 收发器的单个电阻不应低于 500R。

推荐每个节点提供自己的终端电阻。然而，这不是严格需求。如果断线故障出现，不太好的终端节点可能会对错误的唤醒信号敏感。

## 6 物理介质故障定义

### 6.1 物理故障

表 8 规定的物理故障应当认为是故障容错收发器。

### 6.2 故障事件

#### 6.2.1 概述

收发器不对物理故障反应，但是这种方式，他们影响总线系统。这些故障称为故障事件，可分成两个主要的组：

- 电源故障和

- 总线故障

通常，故障事件的检测导致收发器执行内部状态开关。

#### 6.2.2 电源故障

如果一个节点与地断开（或者是地偏大于定义的极限 $\pm 1.5V$  影响）或者正常电源（VCC 或 VBAT），这种故障称为电源故障。

#### 6.2.3 总线故障

不是所有的总线故障（表 8 的开路或短路故障）能被收发器区分。因此，因此定义了缩减的故障事件组（见表 9）。

**Table 8 — Physical failures**

Description of bus failure	Behaviour of the network
One node becomes disconnected from the bus <sup>a</sup>	The remaining nodes continue communication.
One node loses power <sup>b</sup>	The remaining nodes continue communicating at least with reduced signal to noise ratio.
One node loses ground <sup>b</sup>	The remaining nodes continue communicating at least with reduced signal to noise ratio.
Open and short failures	All nodes continue communicating at least with reduced signal to noise ratio.
CAN_L interrupted <sup>e</sup>	All nodes continue communicating at least with reduced signal to noise ratio.
CAN_H interrupted <sup>e</sup>	All nodes continue communicating at least with reduced signal to noise ratio.
CAN_L shorted to battery voltage <sup>c</sup>	All nodes continue communicating at least with reduced signal to noise ratio.
CAN_H shorted to ground <sup>c e</sup>	All nodes continue communicating at least with reduced signal to noise ratio.
CAN_L shorted to ground <sup>c</sup>	All nodes continue communicating at least with reduced signal to noise ratio.
CAN_H shorted to battery voltage <sup>c</sup>	All nodes continue communicating at least with reduced signal to noise ratio.
CAN_L wire shorted to CAN_H wire <sup>d</sup>	All nodes continue communicating at least with reduced signal to noise ratio.
CAN_L and CAN_H interrupted at the same location <sup>a</sup>	No operation within the complete system. Nodes within the remaining subsystems might continue communicating.
<sup>a</sup> Due to the distributed termination concept, these failures do not affect the remaining communication and are not detectable by a transceiver device. Hence, they are not treated and are not part of this part of ISO 11898. <sup>b</sup> Both failures are treated together as power failures. <sup>c</sup> Short circuit failures might occur in coincidence with a ground shift (seen between two nodes) in a range of $\pm 1,5V$ . <sup>d</sup> This failure is covered by the detection of the failure "CAN_L shorted to ground". <sup>e</sup> These failures do not cause any corrective action within the transceiver and are tolerated implicitly.	

**Table 9 — Failure events**

Event name <sup>a</sup>	Description
CANH2UBAT	Failure that typically occurs when the CAN_H wire is short circuited to the battery voltage $V_{Bat}$ .
CANH2VCC	Failure that typically occurs when the CAN_H wire is short circuited to the supply voltage $V_{CC}$ .
CANL2UBAT	Failure that typically occurs when the CAN_L wire is short circuited to the battery voltage $V_{Bat}$ .
CANL2GND	Failure that typically occurs when the CAN_L wire is short circuited to ground.
<sup>a</sup> The failure event names may occur with the indices N (for normal mode) and LP (for low power mode).	

## 7 物理介质接入设备

### 7.1 概述

物理介质接入层规范描述了 ECU 需求，尤其是参与 CAN 网络通信的收发器设备应当提供的需求。

### 7.2 时间要求

#### 7.2.1 概述

为在最长的线束提供最大的通信速率，收发器内部的环回时间有限制，因此，收发器应全部满足在所有可能故障状态下给定的约束。

#### 7.2.2 约束

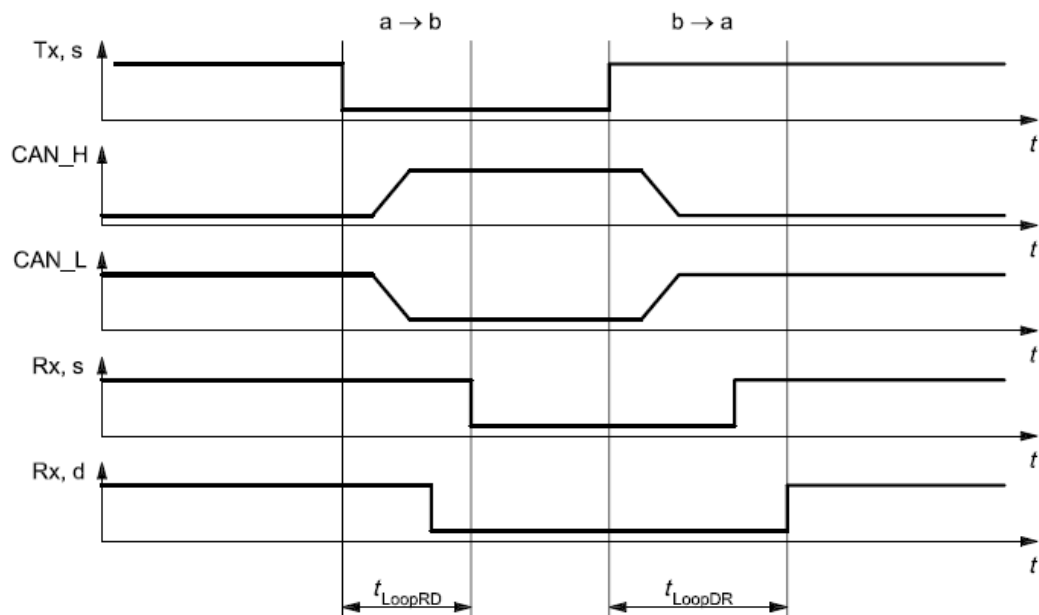
-Tx,s 代表发送节点的数字输入信号；

-Rx,s 代表发送节点（从总线上回读）的数字输出信号

Rx,d 代表指定节点数字输出信号

CAN\_L 和 CAN\_H 代表线上的物理信号

隐性到显性（a→b）和显性到隐性（b→a）应全部满足一定限制需求。



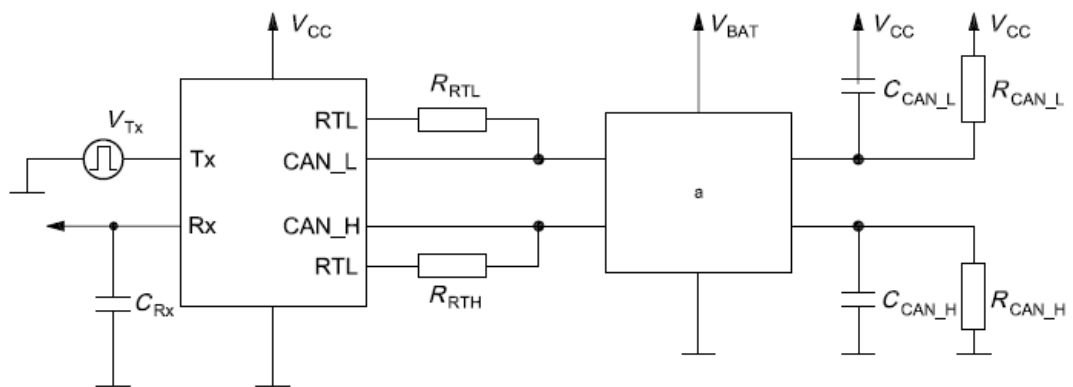
**Key**

- a Recessive.
- b Dominant.

**Figure 9 — Timing example, differential operation without GND shift**

### 7.2.3 测量电路，环延时

收发器应保证对 Tx 输入信号的最大环延时，环延时根据图 9 通过时间  $t_{LoopRD}$  和  $t_{LoopDR}$  定义并通过图 10 测量。



**Key**

- a Failure generation.

**Figure 10 — Test method for transceiver timing measurement**

Table 10 — Loop delay of a single transceiver

Failure case	$t_{\text{LoopRD}}$ ; $t_{\text{LoopDR}}$	Condition
No failure	max. 1,5 $\mu\text{s}$	$V_{\text{TX}}$ rectangular signal with 50 kHz and 50 % duty cycle, slope time < 10 ns, $C_{\text{RX}} = 10 \text{ pF}$ , $R_{\text{RTL}} = R_{\text{RTH}} = 500 \Omega$ , $C_{\text{CAN\_L}} = C_{\text{CAN\_H}} = 1 \text{ nF}$ , $R_{\text{CAN\_L}} = R_{\text{CAN\_H}} = 125 \Omega$
All failures except CAN_L shorted to CAN_H	max. 1,9 $\mu\text{s}$	
CAN_L shorted to CAN_H	max. 1,9 $\mu\text{s}$	$V_{\text{TX}}$ rectangular signal with 50 kHz and 50 % duty cycle, slope time < 10 ns, $C_{\text{RX}} = 10 \text{ pF}$ , $R_{\text{RTL}} = R_{\text{RTH}} = 500 \Omega$ , $C_{\text{CAN\_L}} = C_{\text{CAN\_H}} = 1 \text{ nF}$ , $R_{\text{CAN\_H}} = 125 \Omega$ ; $R_{\text{CAN\_L}} > 1 \text{ M}\Omega$

#### 7.2.4 测量电路，地偏能力

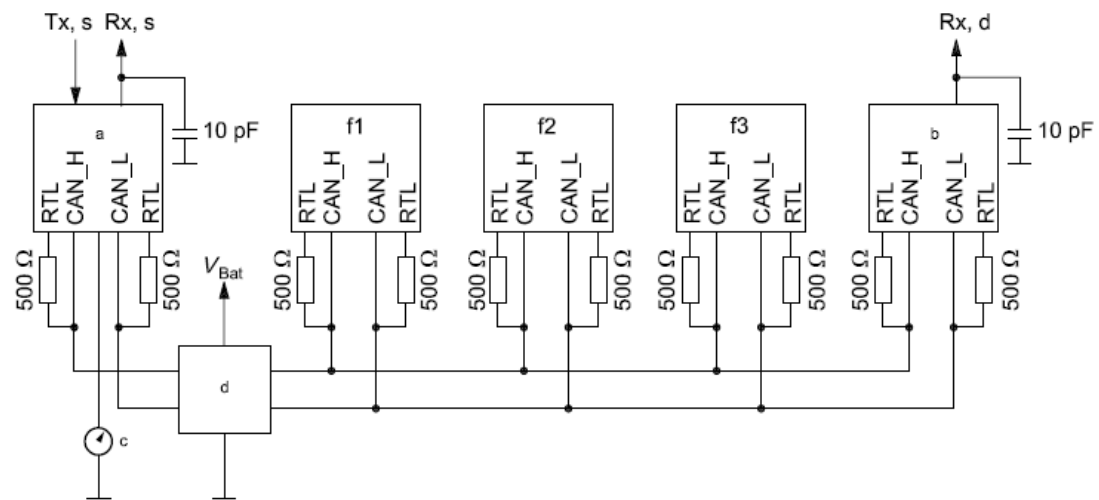
图 11 给出功能测试电路，用来检测地偏需求。测量电路允许应用不同的故障事件结合局部正负地偏。节点间线束应越短越好并且总长不应超过 1 米。根据所用的故障情况，收发器工作在三种主要的状态下：

- 差分驱动和接收
- CAN\_L 线的单线工作和
- CAN\_H 线的单线工作

根据图 11 的设置，应当应用下面的总线故障情况并结合直到  $\pm 1.5\text{V}$  的地偏：

- 无故障；
- CAN\_L 线断开；
- CAN\_H 线断开；
- CAN\_L 短  $V_{\text{BAT}}$ ；
- CAN\_H 短地；
- CAN\_L 短地；
- CAN\_H 短  $V_{\text{BAT}}$  和
- CAN\_L 短 CAN\_H。

根据总线故障和地偏方案，所有的 Rx 信号应正确表现驱动 Tx 的形式。



#### Key

- a Source node.
- b Destination node.
- c Ground shift.
- d Bus failure.
- f1 Bus load.
- f2 Bus load.
- f3 Bus load.

Figure 11 — Test method for transceiver ground shift requirements

### 7.3.1 故障管理

#### 7.3.1 故障检测

为处理第 6 章的故障，应采用表 11 和表 12 列举的计划。

**Table 11 — Normal mode event failure detection scheme**

Event <sup>a</sup>	State <sup>b</sup>	Threshold	Timing <sup>e</sup>
CANH2UBAT <sub>N</sub> <sup>c</sup>	D	$CAN\_H > V_{thHxBAT\_N}$	$> 7 \mu s$
	R	$CAN\_H < V_{thHxBAT\_N}$	$> 125 \mu s$
CANH2VCC <sub>N</sub>	D	$CAN\_H > V_{thCAN\_H\_N}$	$> 1,6 ms$
	R	$CAN\_H < V_{thCAN\_H\_N}$	$> t_{bit} \times 12 ms$
CANL2UBAT <sub>N</sub>	D	$CAN\_L > V_{thLxBAT\_N}$	$> 7 \mu s$
	R	$CAN\_L < V_{thLxBAT\_N}$	$> 125 \mu s$
CANL2GND <sub>N</sub> <sup>d</sup>	D	$V_{diff} > V_{thDiff\_N}$	$> t_{bit} \times 12 < 1,6 ms$
	R	$V_{diff} < V_{thDiff\_N}$	$> 7 \mu s$
CANL2UBAT_VER <sub>N</sub> (1) <sup>f</sup>	D	$Tx$ dominant and $CAN\_L > V_{thCAN\_L\_N}$	$3 \mu s < t < 40 \mu s$
CANL2UBAT_VER <sub>N</sub> (2) <sup>g</sup>	D	Max 2 Tx dominant to recessive edges with $CAN\_L > V_{thCAN\_L\_N}$	—

<sup>a</sup> See Table 9 for explanations.  
<sup>b</sup> D denotes "detection" and R denotes "recovery".  
<sup>c</sup> This failure may be considered to be optional, because the major error handling is possible by detecting the CANH2VCC failure.  
<sup>d</sup> This failure detection also covers the CANH2CANL failure (mutually short circuit of both lines).  
<sup>e</sup> Analogue failure detection and recovery timer implementations shall react upon consecutive input conditions only. The sample rate of digital timer implementations shall be faster than 4  $\mu s$ .  
<sup>f</sup> Implementation variant 1 for verification of CANL2UBAT<sub>N</sub> failure.  
<sup>g</sup> Implementation variant 2 for verification of CANL2UBAT<sub>N</sub> failure.

**Table 12 — Low power mode event failure detection scheme**

Event <sup>a</sup>	State <sup>b</sup>	Threshold	Timing <sup>e</sup>
CANH2UBAT <sub>LP</sub> <sup>c</sup>	D	$CANH > V_{th(wake)H}$	$> 7 \mu s$
	R	$CANH < V_{th(wake)H}$	$> 125 \mu s$
CANH2VCC <sub>LP</sub>	D	$CANH > V_{th(wake)H}$	$> 1,6 ms$
	R	$CANH < V_{th(wake)H}$	$> t_{bit} \times 12 ms$
CANL2UBAT <sub>LP</sub>	D	Not detected	
	R	Not detected	
CANL2GND <sub>LP</sub> <sup>d</sup>	D	$CAN\_H > V_{th(wake)H}$ and/or $CAN\_L < V_{th(wake)L}$	$> 0,1 < 1,6 ms$
	R	$CAN\_H < V_{th(wake)H}$ or/and $CAN\_L > V_{th(wake)L}$	$> 7 \mu s$

<sup>a</sup> See Table 9 for explanations.  
<sup>b</sup> D denotes "detection" and R denotes "recovery".  
<sup>c</sup> This failure may be considered to be optional, because the major error handling is possible by detecting the CANH2VCC failure.  
<sup>d</sup> This failure detection also covers the CANH2CANL failure (mutually short circuit of both lines).  
<sup>e</sup> Analogue failure detection and recovery timer implementations shall react upon consecutive input conditions only. The sample rate of digital timer implementations shall be faster than 4  $\mu s$ .

### 7.3.2 故障处理

#### 7.3.2.1 电源故障

针对如何处理电源故障，没有明确的内部状态。收发器应反应来满足 7.3 的工作模式需求。

#### 7.3.2.2 总线故障

总线故障的处理通过内部的状态机。没有收发器必须执行内部状态机的需求。然而，设备的行为应当满足如下规定。

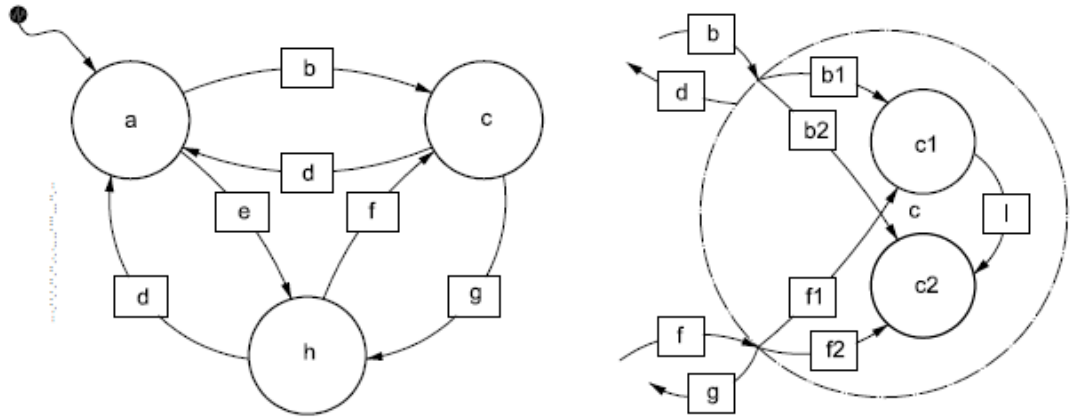
图 12 给出了一般应用的状态图。转换对正常和低功耗模式是有效的。然而，实际处于低功耗模式的收发器唤醒进入正常模式来执行状态转换是可能的，此后重新进入低功耗模式。

图 12 用到了下面的状态：

-状态 0: 正常工作状态，没有检测到故障，缺省状态；

状态 E1: CAN\_L 故障发生/检测；

状态 E2: CAN\_H 故障检测；



#### Key

- a State 0: Normal operating state, no failure is detected, default state.
- b CANL2UBAT<sub>N</sub> or CANL2GND<sub>N/LP</sub>.
- b1 CANL2UBAT<sub>N</sub>.
- b2 CANL2GND<sub>N/LP</sub>.
- c State E1: CAN\_L failure expected/detected.
- c1 State E1a: No CAN\_L failure.
- c2 State E1b: CAN\_L failure detected.
- d No failure.
- e CANH2VCC<sub>N/LP</sub> or CANH2UBAT<sub>N/LP</sub>.
- f NOT (CANH2VCC<sub>N/LP</sub> or CANH2UBAT<sub>N/LP</sub>) and (CANL2GND<sub>N/LP</sub> or CANL2UBAT<sub>N</sub>).
- f1 NOT (CANH2VCC<sub>N/LP</sub> or CANH2UBAT<sub>N/LP</sub>) and CANL2UBAT<sub>N</sub>.
- f2 NOT (CANH2VCC<sub>N/LP</sub> or CANH2UBAT<sub>N/LP</sub>) and CANL2GND<sub>N/LP</sub>.
- g CANH2VCC<sub>N/LP</sub> or CANH2UBAT<sub>N/LP</sub>.
- h State E2: CAN\_H failure detected.
- i CANL2UBAT\_VER<sub>N</sub>(1) or CANL2UBAT\_VER<sub>N</sub>(2).

Figure 12 — Internal CAN transceiver states

根据图 12 的状态，收发器改变他的驱动器，接收器并短接到不同的模式。

表 13 和 14 列举了针对正常模式和低功耗模式下总线故障的内部处理。



**Table 13 — Normal mode state description**

State	Drivers	Receivers	Termination
0	All drivers are switched on	Differential receivers on	CAN_H terminated to GND CAN_L terminated to $V_{CC}$
E1	Driver CAN_L is switched on or off	Single ended CAN_H receiver	CAN_H terminated to GND CAN_L weak $V_{CC}$
E1a	Driver CAN_L is switched on	Single ended CAN_H receiver OR Differential receiver OR CANH / CANL Single ended receivers	CAN_H terminated to GND CAN_L weak $V_{CC}$ <sup>a</sup>
E1b	Driver CAN_L is switched off	Single ended CAN_H receiver	CAN_H terminated to GND CAN_L weak $V_{CC}$
E2	Driver CAN_H is switched off	Single ended CAN_L receiver	CAN_H weak GND CAN_L terminated to $V_{CC}$
<sup>a</sup> After a mode change from LP it is also allowed to terminate CAN_L to $V_{CC}$ .			

**Table 14 — Low power mode state description**

State	Drivers	Receivers	Termination
0	All drivers are switched off	Reduced to failure recognition	CAN_H terminated to GND CAN_L terminated to $\geq 5\text{ V}$
E1	All drivers are switched off	Reduced to failure recognition	CAN_H terminated to GND CAN_L floating
E2	All drivers are switched off	Reduced to failure recognition	CAN_H floating CAN_L terminated to $\geq 5\text{ V}$

## 7.4 工作模式

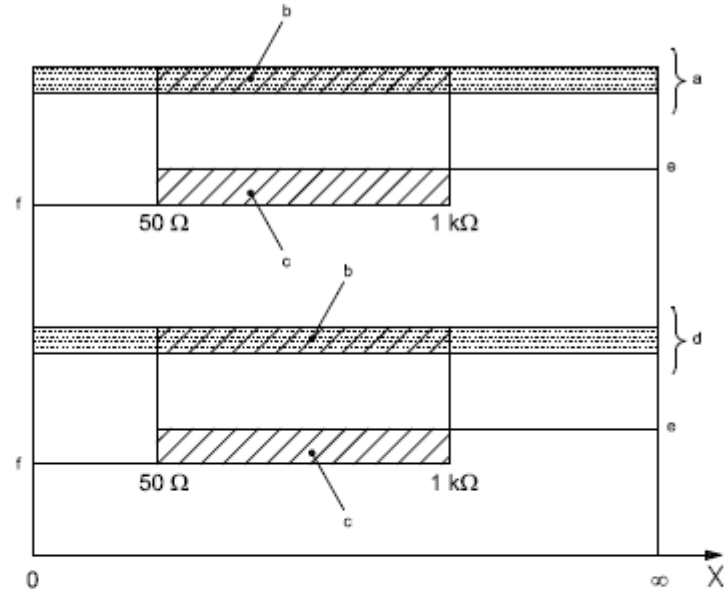
### 7.4.1 概述

根据 5.1.4 典型网络定义了工作模式，描述了 ISO11898 这部分书发起应当处理的事件。这些工作模式应当通过一致性测试覆盖。

### 7.4.2 线束断开故障

根据 ISO11898 这部分，收发器应当能在所有状态下处理线束断开故障。这意味着不论是否检测到故障，通信应继续进行。

图 13 针对线束断开骨折和故障状态列出了工作模式。



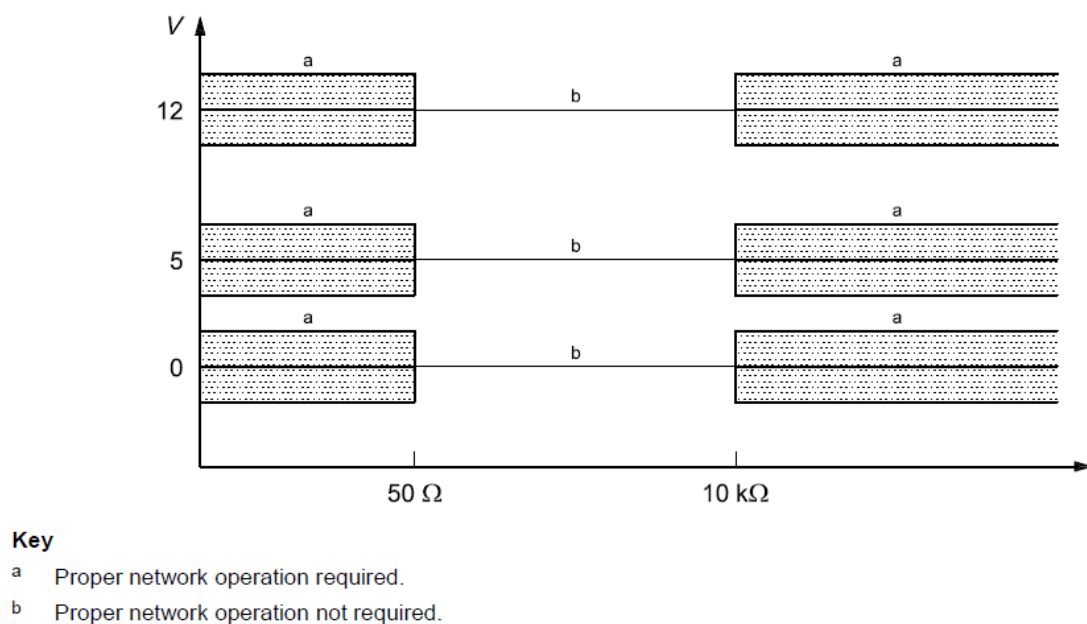
#### Key

- X resistor range, in ohms ( $\Omega$ ), denotes interruption might occur at any given resistance
- a CH\_OW, i.e. the CAN\_H line is interrupted).
- b Fault free communication required.
- c Failure state.
- d CL\_OW, i.e. the CAN\_L line is interrupted.
- e True, i.e. the failure is recognized and an appropriate reaction is performed.
- f False, i.e. no failure is detected.

Figure 13 — Open wire operating mode

#### 7.4.3 短路故障

单根线的短路故障是二维故障。一方面，短路出现时电平会变化，另一方面，在总线和外部电平之间可能有不同的电阻。图 14 列举了短路工作区域。由于地偏工作区域（阴影区域）至少在 $\pm 1.5V$  范围内变化。电池电压时正常值，可能短时在宽范围内变化，比如从 6.5V 到 27V（12V 系统）或者是从 21V 到 58V（42V 系统）。

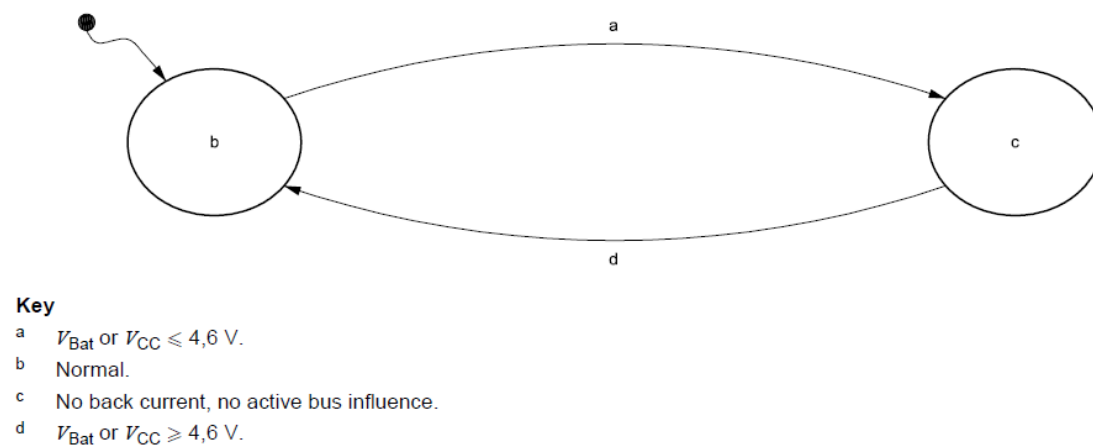


**Figure 14 — Definition of short circuit operating modes**

#### 7.4.4 电源故障

与 ECU 正常供电电源有关的故障，比如地丢失（地偏不在规定的范围内），VCC 丢失（VCC 不在规定的范围内）或 V<sub>BAT</sub> 丢失（地偏不在规定的范围内）应当采用同一种方式处理。只要外部的状态提供通信，有电源故障的节点应参与网络通信。

当由于电源故障网络通信不可能，收发器应表现为不干扰剩余的网络。当收发器应转换他的状态，图 15 列举了电源状态，并给出一个模糊的表示。



**Figure 15 — Power operating modes**