

# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 道路车辆 控制器局域网（CAN） 第2部分：高速媒介访问单元

Road vehicles-Controller area network(CAN)

Part 2: High-speed medium access unit

（征求意见稿）

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 术语及缩略语 .....	2
5 HS-PMA 功能描述 .....	2
5.1 概述 .....	2
5.2 HS-PMA 测试电路 .....	3
5.3 发射器特性 .....	4
5.4 接收器特性 .....	6
5.5 接收器输入电阻 .....	7
5.6 发送器与接收器时间特性 .....	8
5.7 VCAN_H, VCAN_L 和 VDiff 最大范围 .....	10
5.8 VCAN_H, VCAN_L 漏电流 .....	11
5.9 低功耗唤醒 .....	11
5.10 总线电压偏差 .....	16
附 录 A (资料性附录) ECU 和网络设计 .....	19
附 录 B (资料性附录) PN 物理层模型 .....	24

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则编制。

本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本标准由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本标准主要起草单位：

本标准主要起草人：

本标准为首次发布。

# 道路车辆 控制器局域网（CAN） 第 2 部分：高速媒介访问单元

## 1 范围

本标准规定了CAN控制器的高速物理介质连接（HS-PMA）应用于道路汽车的分布式实时控制和多路复用的串行通信协议。

本标准适用于无低功耗模式功能的HS-PMA和具有低功耗模式功能的HS-PMA以及具有选择性唤醒HS-PMA，本标准不适用于物理媒介相关子层。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T XXXX-1 道路汽车-控制器局域网-第 1 部分：数据链路层和物理信号。

ISO 16845-2 道路汽车-控制器局域网一致性测试第 2 部分：应用选择性唤醒功能的高速媒介访问单元

## 3 术语和定义

下列术语适用于本文件。

### 3.1

**连接单元接口 attachment unit interface AUI**

本标准其它部分定义的 PCS 与本文中指定的 PMA 之间的接口。

### 3.2

**地 ground GND**

电信号地。

### 3.3

**传统实现 legacy implementation**

在本文件发布之前已经使用的 HS-PMA。

### 3.4

**低功耗模式 low-power mode**

除以接收 WUP 或 WUF 的目的外，收发器不能发送或接收报文的模式。

### 3.5

**媒介连接单元** medium attachment unit MAU

由物理媒介连接和媒介相关接口组成的单元。

### 3.6

**媒介相关接口** media dependent interface MDI

确保合适信号转换在介质和物理媒介连接之间的接口。

### 3.7

**正常功能模式** normal-power mode

在此模式下，收发器具有发送和接收报文的全部功能。

### 3.8

**物理编码子层** physical coding sublayer PCS

执行位编码/解码和同步的子层。

### 3.9

**物理媒介连接** physical media attachment PMA

将物理信号转化为逻辑信号或逻辑信号转化为物理信号子层。

### 3.10

**收发器** transceiver

由一个或多个物理媒介连接组成的实现。

## 4 术语及缩略语

AUI 连接单元接口

DLC 数据长度编码

EMC 电磁兼容

ESD 静电保护

GND 电信号地

HS-PMA 高速物理媒介连接

MAU 媒介连接单元

MDI 媒介相关接口

PCS 物理编码子层

PMA 物理媒介连接

PMD 物理媒介相关

WUF 唤醒帧

WUP 唤醒结构

## 5 HS-PMA 功能描述

### 5.1 概述

HS-PMA由一个发送和接收实体组成，它能够相对于公共电信号地，对连接的物理媒介双绞线之间加偏压。对连接到同一媒介的其它接收节点，收发器实体能驱动两种逻辑信号，一种逻辑0状态（显性状态）是在CAN\_H和CAN\_L之间驱动差分电压信号，另一种逻辑1状态（隐性状态）是CAN\_H和CAN\_L之间不驱动差分电压信号。这两个信号是与物理媒介相关子层的接口。

如本标准第一部分定义，HS-PMA必须向物理编码子层提供AUI。AUI包括TXD、RXD和GND信号。TXD将从物理编码子层接收到的比特流传输到MDI。RXD将从MDI接收到的比特流传输到物理编码子层。

由一个或多个HS-PMA组成的收发器必须至少支持正常功能运行模式，对低功耗模式可选择性支持。以下指定的某些条款取决于包含HS-PMA（部分）实现的操作模式。

表1展示HS-PMA操作模式和期望行为的可能性的组合。

表1 HS-PMA操作模式和期望行为

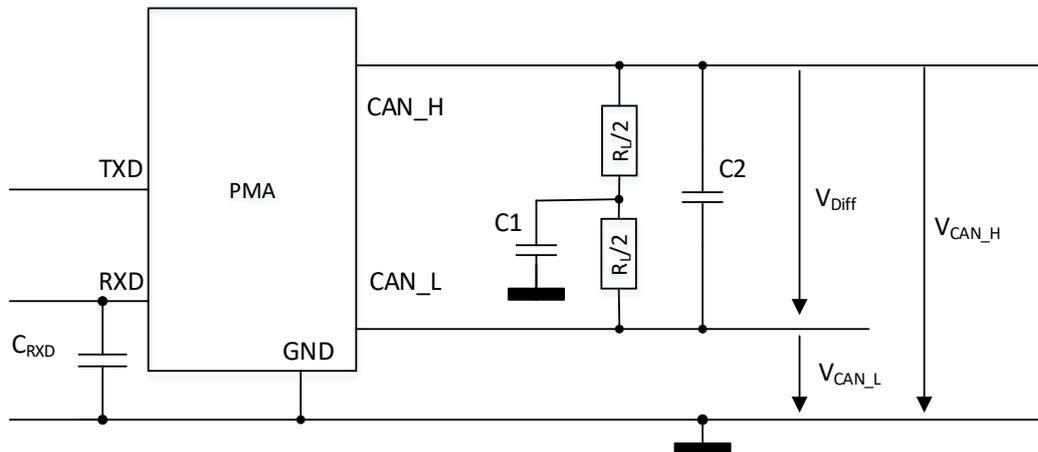
操作模式	总线偏压行为	传输行为
正常	总线偏压有效	显性或隐性 <sup>a</sup>
低功耗	总线偏压有效或无效	隐性

a 取决于本文档所描述的输入条件

在本条款中指定的所有参数应满足在每个HS-PMA实施的单独规定的工作温度范围和电源电压范围内（如果没有明确规定为无电源）。

## 5.2 HS-PMA 测试电路

HS-PMA输出到CAN的信号被称为CAN\_H和CAN\_L，TXD是发送数据输入端，RXD是接收数据输出端。图1显示的外部电路，其定义了所需电压和电流参数的测量条件。对在网络中使用的HS-PMA，RL表示有效电阻负荷（总线负荷），C1代表一个可选分裂终端电容。RL和C1的值根据HS-PMA需要满足的不同参数而变化，并且在表2至20中作为条件给出。



说明

$V_{Diff}$  CAN\_H和CAN\_L之间的差分电压

$V_{CAN\_H}$  CAN\_H电压

$V_{CAN\_L}$  CAN\_L电压

$C_{RXD}$  RXD端电容负载

图1 HS-PMA测试电路

### 5.3 发射器特性

本条款规定图1所示条件下单一HS-PMA实现的发射器特性；所以没有其他HS-PMA实现被连接到媒介。同一媒介上连接多个HS-PMA超出本条款的规定范围。当多个HS-PMA连接到相同媒介时，请参考A.2章节。CAN\_L和CAN\_H信号要求的电流和电压指定在表2到表6。

表2规定了显性状态下的输出特性。

图2说明了显性状态的电压范围。

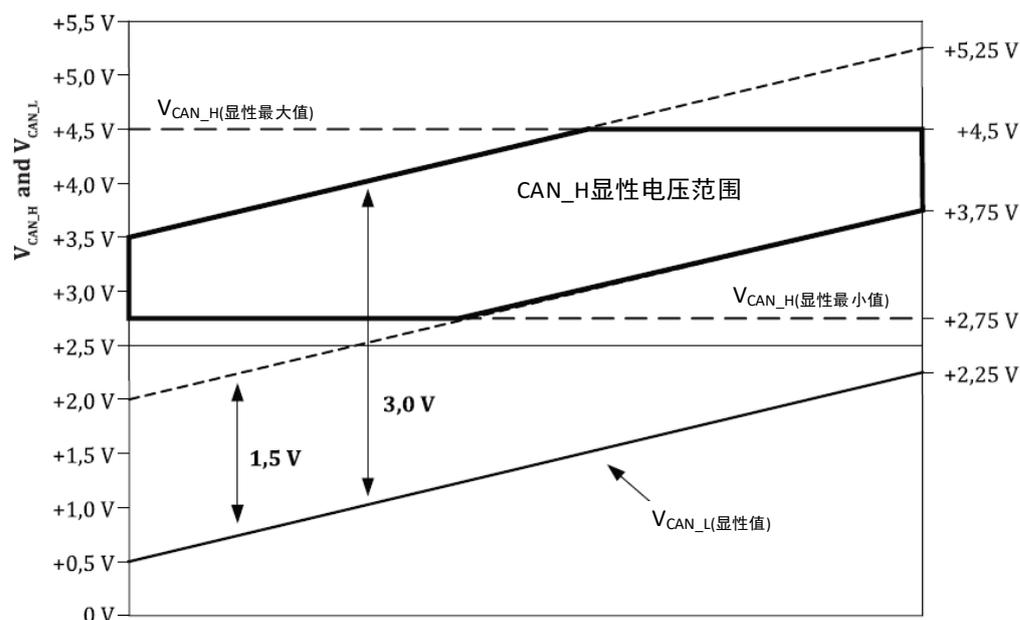
表2 HS-PMA显性输出特性

参数	符号	值			条件
		最小 v	正常 V	最大 V	
CAN_H上的单端电压	VCAN_H	+2,75	+3,5	+4,5	RL = 50 Ω …65 Ω
CAN_L上的单端电压	VCAN_L	+0,5	+1,5	+2,25	RL = 50 Ω …65 Ω
正常总线负载上的差分电压	VDiff	+1,5	+2,0	+3,0	RL = 50 Ω …65 Ω
仲裁期间有效电阻的差分电压	VDiff	+1,5	未定义	+5,0	RL = 2 240 Ω a
可选的: 扩展总线负载范围上的差分电压	VDiff	+1,4	+2,0	+3,3	RL = 45 Ω …70 Ω

a: 2240 Ω 是模拟最多32个节点同时发送的情况。在这种情况下，单个节点的有效负载电阻降低（一个节点仅驱动总线负载的一部分）。假定最大的RL为70 Ω，则该方案将覆盖32节点网络。（2240 Ω / 70 Ω = 32个节点）

此表中的所有要求同时适用。因此，不是所有VCAN\_H和VCAN\_L的组合都符合定义的差分电压（见图3）。

根据图2的测试设置（仅存在一个HS-PMA）：  
 RL，请参阅上面的“条件”列  
 C1 = 0 pF（不存在）  
 C2 = 0 pF（不存在）  
 CRXD = 0 pF（不存在）



说明

$V_{Diff}$  CAN\_H和CAN\_L之间的差分电压  
 $V_{CAN\_H}$  CAN\_H电压  
 $V_{CAN\_L}$  CAN\_L电压

图2 在CAN节点处于显性状态，VCAN\_L的电压从最小到最大变化时（50  $\Omega$  ... 65  $\Omega$  总线负荷条件），对应VCAN\_H电压变化范围

为了达到RF可接受的低发射等级，发射器必须满足如表3所要求的驱动器信号对称性。

表3 HS-PMA驱动对称性

参数	符号	值		
		最小	正常	最大
驱动对称性 <sup>a</sup>	$v_{sym}$	+0,9	+1,0	+1,1
<p>a: <math>v_{sym} = (V_{CAN\_H} + V_{CAN\_L}) / V_{CC}</math>, <math>V_{CC}</math>是发送器的供应电压。</p> <p>当TXD被符合最高位速率（由HS-PMA实现此期望，至多1 MHz (2 Mbit/s)）的频率性方波信号激励时，在显性或隐性状态期间，以及显性转变到隐性状态或隐性状态转变显性状态期间，<math>v_{sym}</math>必须被观察。</p> <p>根据图1，测试电路设置如下：  <math>R_L = 60 \Omega</math> (容差 <math>\leq \pm 1\%</math>)  <math>C_1 = 4,7 \text{ nF}</math> (容差 <math>\leq \pm 5\%</math>)  <math>C_2 = 0 \text{ pF}</math> (不存在)  <math>C_{RXD} = 0 \text{ pF}</math> (不存在)</p>				

发送器的最大输出电流应根据表4进行限制。

表4 最大HS-PMA驱动器输出电流

参数	符号	值		条件
		最小mA	最大mA	
CAN_H的绝对电流	$I_{CAN\_H}$	未定义	115	$-3 \text{ V} \leq V_{CAN\_H} \leq +18 \text{ V}$
CAN_L的绝对电流	$I_{CAN\_L}$	未定义	115	$-3 \text{ V} \leq V_{CAN\_L} \leq +18 \text{ V}$
<p>根据图1测试电路设置，在HS-PMA驱动输出显性状态，通过连接外部电源，给VCAN_H 或VCAN_L强制施加电压等级。绝对最大电流值不关心电流流向。</p> <p><math>R_L &gt; 10^{10} \Omega</math> (不存在)  <math>C_1 = 0 \text{ pF}</math> (不存在)  <math>C_2 = 0 \text{ pF}</math> (不存在)  <math>C_{RXD} = 0 \text{ pF}</math> (不存在)</p> <p>注：当CAN_H和CAN_L之间差分电压超出表4规定参数值时，HS-PMA不能停止输出显性状态。根据表2内容，可以估算出最小输出电流在30mA以上。</p>				

表5规定了总线偏压有效时的隐性输出特性。

表5 HS-PMA隐性输出特性，总线偏压有效

参数	符号	值		
		最小V	正常V	最大V

CAN_H上的单端输出电压	VCAN_H	+2, 0	+2, 5	+3, 0
CAN_L上的单端输出电压	VCAN_L	+2, 0	+2, 5	+3, 0
差分输出电压	VDiff	-0, 5	0	+0, 05
<p>此表中的所有要求同时适用，因此，不是所有VCAN_H和VCAN_L的组合都符合定义的输出差分电压。</p> <p>根据图1，测试电路参数设置如下：  <math>RL &gt; 10^{10} \Omega</math>（不存在）  <math>C1 = 0 \text{ pF}</math>（不存在）  <math>C2 = 0 \text{ pF}</math>（不存在）  <math>CRXD = 0 \text{ pF}</math>（不存在）</p>				

表6规定了总线偏压无效时的隐性输出特性。

表6 HS-PMA隐性输出特性，总线偏压无效

参数	符号	值		
		最小V	正常 V	最大V
CAN_H上的单端输出电压	VCAN_H	-0, 1	0	+0, 1
CAN_L上的单端输出电压	VCAN_L	-0, 1	0	+0, 1
差分输出电压	VDiff	-0, 2	0	+0, 2
<p>见5.10以确定何时偏压闲置</p> <p>依据图1，测试电路参数设置如下：  <math>RL &gt; 10^{10} \Omega</math>（不存在）  <math>C1 = 0 \text{ pF}</math>（不存在）  <math>C2 = 0 \text{ pF}</math>（不存在）  <math>CRXD = 0 \text{ pF}</math>（不存在）</p>				

在TXD输入被持续请求时，为了不阻止其它CAN节点通信，HS-PMA可能会限制持续的显性传输时间。HS-PMA应该在表7指定范围内执行显性传输超时请求。

表7 可选的HS-PMA传输显性超时

参数	符号	值	
		最小ms	最大ms
传输显性超时 <sup>a</sup>	t <sub>dom</sub>	0.8	10.0
a原先设备能接受的最小值为0.3			

注：t<sub>dom</sub>最小值和最小位速率之间是有关系的。0.8ms是t<sub>dom</sub>最小值，在比特速率大于等于21.6 kbit/s的情况下，容纳17个连续显性位。当在位速率大于等于45.8 kbit/s，0.8ms可以容纳36个连续显性位。值17反映了PMA尝试发送显性位，并且每次在接收数据输入处看到隐性电平。当前五次尝试发送显性位的最后一位出现位错误时，值36反映了六个连续的错误帧。

#### 5.4 接收器特性

接收器使用发送器输出信号CAN\_H和CAN\_L作为差分输入。图1显示了HS-PMA连接处的电压定义。当HS-PMA是在低功耗模式并且总线偏压是有效时，隐性和显性状态输入差分电压范围如表8所示。

表8 HS-PMA静态接收输入特性，总线偏压有效

参数	符号	值		条件
		最小V	最大V	
隐性状态差分输入电压范围	VDiff	-3,0	+0,5	$-12,0\text{ V} \leq \text{VCAN\_L} \leq +12,0\text{ V}$ $-12,0\text{ V} \leq \text{VCAN\_H} \leq +12,0\text{ V}$
显性状态差分输入电压范围	VDiff	+0,9	+8,0	$-12,0\text{ V} \leq \text{VCAN\_L} \leq +12,0\text{ V}$ $12,0\text{ V} \leq \text{VCAN\_H} \leq +12,0\text{ V}$
根据图1所示，测试设置值如下： $R_L > 1010\ \Omega$ （不存在） $C_1 = 0\ \text{pF}$ （不存在） $C_2 = 0\ \text{pF}$ （不存在） $\text{CRXD} = 0\ \text{pF}$ （不存在） 注：当HS-PMA连接到共模电感或出现无端接的媒介时，可能会出现短暂负值差分电压。当相同媒介上连接多个HS-PMA同时发送显性状态，并且，HS-PMA接地发生变化，会出现短暂最大正值差分电压。				

当HS-PMA处于低功耗模式，并且总线偏压是无效时，隐性和显性状态差分输入电压如表9所示。

表9 HS-PMA静态接收输入特性，总线偏压无效

参数	符号	值		条件
		最小V	最大V	
隐性状态差分输入电压范围	VDiff	-3,0	+0,4	$-12,0\text{ V} \leq \text{VCAN\_L} \leq +12,0\text{ V}$ $-12,0\text{ V} \leq \text{VCAN\_H} \leq +12,0\text{ V}$
显性状态差分输入电压范围	VDiff	+0,9	+8,0	$-12,0\text{ V} \leq \text{VCAN\_L} \leq +12,0\text{ V}$ $-12,0\text{ V} \leq \text{VCAN\_H} \leq +12,0\text{ V}$
根据图1所示，测试设置值如下： $R_L > 1010\ \Omega$ （不存在） $C_1 = 0\ \text{pF}$ （不存在） $C_2 = 0\ \text{pF}$ （不存在） $\text{CRXD} = 0\ \text{pF}$ （不存在） 注：当HS-PMA连接到共模电感或出现无端接的媒介时，可能会出现短暂负值差分电压。当相同媒介上连接的多个HS-PMA同时发送显性状态，并且，HS-PMA接地发生变化，会出现短暂最大正值差分电压。				

### 5.5 接收器输入电阻

HS-PMA的实现必须有输入电阻，输入电阻的值范围如表10所示。并且，内部电阻必须满足表11规定的要求。如图3显示了等效电路图。

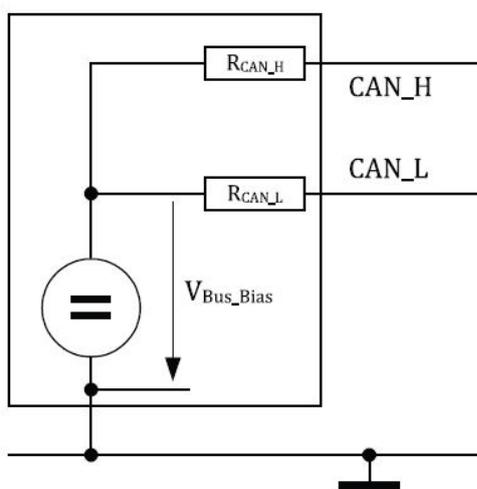


图3 HS-PMA内部差分输入电阻的图示

表10 HS-PMA接收器输入电阻

参数	符号	值		条件
		最小k $\Omega$	最大k $\Omega$	
差分内部电阻	RDiff	12	100	$-2\text{ V} \leq \text{VCAN\_L}$ , $\text{VCAN\_H} \leq +7\text{ V}$
单端内部电阻	RCAN_H, RCAN_L	6	50	
RDiff = RCAN_H + RCAN_L				

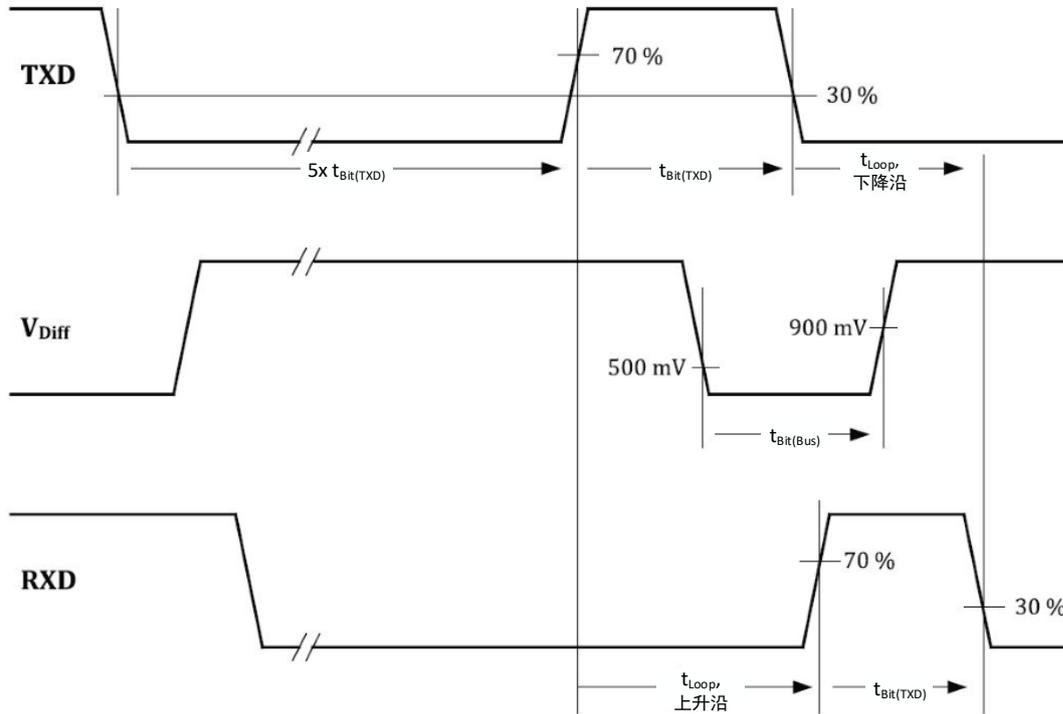
表11 HS-PMA接收器输入电阻匹配

参数	符号	值		条件
		最小k $\Omega$	最大k $\Omega$	
内部电阻匹配	mR	-0,03	+0,03	$\text{VCAN\_L}, \text{VCAN\_H}: +5\text{ V}$
a mR计算方式为 $mR = 2 \times (\text{RCAN\_H} - \text{RCAN\_L}) / (\text{RCAN\_H} + \text{RCAN\_L})$ .				

## 5.6 发送器与接收器时间特性

发送器和接收器时间特性定义是以图1的测试电路为基础。具体时间参数如表12、13和14所示。HS-PMA的RXD输出和TXD输入，以及CAN\_H和CAN\_L之间差分电压必须被测量。

图4显示了如何测量信号实例中的时序。



说明

$t_{Bit(TXD)}=1000ns$ , 如果HS-PMA实现支持速率达到1Mbit/s

$t_{Bit(TXD)}=500ns$ , 如果HS-PMA实现支持速率达到2Mbit/s

$t_{Bit(TXD)}=200ns$ , 如果HS-PMA实现支持速率达到5Mbit/s

图4 HS-PMA实现的时序图

表12 HS-PMA实现环路延时需求

参数	符号	值	
		最小ns	最大ns
环路延时	tLoop	未定义	255
a 时间跨度是从TXD的输入信号沿到RXD输出具有相同极性的下一个信号边沿，两个信号边沿的最大延迟也需要考虑。 根据图1所示，测试设置值如下： $RL = 60 \Omega$ (容差 $\leq \pm 1 \%$ ) $C1 = 0 \text{ pF}$ (不存在) $C2 = 100 \text{ pF}$ (容差 $\leq \pm 1 \%$ ) $CRXD = 15 \text{ pF}$ (容差 $\leq \pm 1 \%$ ) 测试要求如图5所示： TXD上的输入信号的上升沿和下降沿时间 (10%/ 90%) 小于10 ns 注：对于小于等于1 Mbit / s的比特率的期望行为，tBit (Bus) 和tBit (RXD) 的限制没有定义			

表13 可选的HS-PMA实现数据信号时序要求，用于比特率大于1 Mbit / s小于等于2 Mbit / s

参数	符号	值	
		最小ns	最大ns
位速率2 Mbit/s发送隐性位宽度	tBit (Bus)	435	530
位速率2 Mbit/s接收隐性位宽度	tBit (RXD)	400	550
位速率2 Mbit/s接收时间对称	$\Delta tRec^a$	-65	+40
<p>a <math>\Delta tRec = tBit (RXD) - tBit (Bus)</math></p> <p>表13的所有要求同时适用，因此，不是所有tBit (Bus)和<math>\Delta tRec</math>的组合都需要满足tBit (RXD)需求。</p> <p>根据图1所示，测试设置值如下：</p> <p>RL = 60 <math>\Omega</math> (容差 <math>\leq \pm 1\%</math>)</p> <p>C1 = 0 pF (不存在)</p> <p>C2 = 100 pF (容差 <math>\leq \pm 1\%</math>)</p> <p>CRXD = 15 pF (容差 <math>\leq \pm 1\%</math>)</p> <p>测试要求如图5所示：</p> <p>TXD上的输入信号的上升沿和下降沿时间 (10%/ 90%) 小于10 ns。</p> <p>注：对于小于等于1 Mbit / s的比特率的期望行为，tBit (Bus)和tBit (RXD)的限制没有定义。</p>			

表14 可选的HS-PMA实现数据信号时序要求，用于大于2 Mbit / s小于等于5 Mbit / s

参数	符号	值	
		最小ns	最大ns
位速率5 Mbit/s发送隐性位宽度	tBit (Bus)	155	210
位速率5Mbit/s接收隐性位宽度	tBit (RXD)	120	220
位速率5 Mbit/s接收时间对称	$\Delta tRec^a$	-45	+15
<p>a <math>\Delta tRec = tBit (RXD) - tBit (Bus)</math></p> <p>表14的所有要求同时适用，因此，不是所有tBit (Bus)和<math>\Delta tRec</math>的组合都需要满足tBit (RXD)需求。</p> <p>根据图1所示，测试设置值如下：</p> <p>RL = 60 <math>\Omega</math> (容差 <math>\leq \pm 1\%</math>)</p> <p>C1 = 0 pF (不存在)</p> <p>C2 = 100 pF (容差 <math>\leq \pm 1\%</math>)</p> <p>CRXD = 15 pF (容差 <math>\leq \pm 1\%</math>)</p> <p>测试要求如图5所示：</p> <p>TXD上的输入信号的上升沿和下降沿时间 (10%/ 90%) 小于10 ns。</p> <p>注：对于小于等于1 Mbit / s的比特率的期望行为，tBit (Bus)和tBit (RXD)的限制没有定义。</p>			

### 5.7 VCAN\_H, VCAN\_L 和 VDiff 最大范围.

静态电压上限和下限值如表15所示，当VDiff保持在最大额定值时，对连接的CAN\_H和CAN\_L不会造成损坏。

表15 VCAN\_H, VCAN\_L 和VDiff的HS-PMA最大额定值

参数	符号	值	
		最小V	最大V
最大等级 $V_{Diff}^a$	$V_{Diff}$	-5, 0	+10, 0
通用最大额定值 $V_{CAN\_H}$ 和 $V_{CAN\_L}$	$V_{CAN\_H}, V_{CAN\_L}$	-27, 0	+40, 0
可选的: 扩展最大额定值 $V_{CAN\_H}$ 和 $V_{CAN\_L}$	$V_{CAN\_H}, V_{CAN\_L}$	-58, 0	+58, 0
<p>a这个需求是, 不论VDiffa通用或扩展最大额定值是否满足, VCAN_H和VCAN_L都是必需满足。</p> <p>HS-PMA应用于有电源和无电源条件。当CAN_H或/和CAN_L连接到固定电压时, 发送数据输入解除有效和发送数据变为有效必须被应用。</p> <p>VDiff的最大等级不包括VCAN_H和VCAN_L的所有组合都符合本文档。VDiff = VCAN_H - VCAN_L, 参见图1。</p>			

### 5.8 VCAN\_H, VCAN\_L 漏电流

连接在相同媒介的多个HS-PMA, 其中一个HS-PMA出现短路, 不能干扰其它HS-PMA正常通信。所需的最大漏电流见表16。

表16 CAN\_H和CAN\_L上的HS-PMA最大漏电流, 无电源

参数	符号	值	
		最小 $\mu A$	最大 $\mu A$
CAN_H和CAN_L的漏电流	$I_{CAN\_H}, I_{CAN\_L}$	-10	+10
<p><math>V_{CAN\_H} = 5 V, V_{CAN\_L} = 5 V</math>, 所有电源输入都连接到GND。</p> <p>正电流是流向到HS-PMA。</p>			

### 5.9 低功耗唤醒

#### 5.9.1 概述

当由一个或多个HS-PMA组成的实体实现低功耗模式时, HS-PMA必须有将唤醒事件发送到其实现。表17列出了定义类型的HS-PMA所需的唤醒机制。

表17 HS-PMA唤醒实现

HS-PMA实现的种类	要求唤醒机制
CAN唤醒, 无低功耗模式	无唤醒要求
CAN唤醒, 低功耗模式但无选择性唤醒的实现	基础唤醒或WUP唤醒模式
CAN唤醒, 具有选择性唤醒	选择性唤醒帧(WUF)和唤醒模式(WUP)唤醒

在HS-PMA中实现多个唤醒机制时, 要使用的唤醒机制必须是可配置的。

#### 5.9.2 基本唤醒

至少在 $t_{Filter}$ 持续时间内, HS-PMA接收一次显性状态, 唤醒事件必须被发生。

#### 5.9.3 唤醒结构唤醒

HS-PMA接收到被一个隐性状态隔开的两个连续显性状态, 并且显性状态和隐性状态输出时间至少是

$t_{\text{Filter}}$ 持续时间，则必须发生唤醒事件。该方法遵循5.10.3所述激活总线偏压的描述。

## 5.9.4 选择性唤醒

### 5.9.4.1 简述

在检测到唤醒帧（WUF）时，唤醒事件必须发生。通过HS-PMA对CBFF或CEFF中的CAN帧进行解码，并可以作为WUF进行使用。如果启用以上方式，在正常和低功耗模式下可以解码CAN帧。接收程序在下面子章节中详细描述。

在偏置响应时间后， $t_{\text{Bias}}$ 超时，在CBFF和CEFF中的HS-PMA可能会忽略多达四（或多达八帧当位速率高于500 kbit/s）帧，之后不应忽略CBFF和CEFF中的任何后续帧。

在错误通信的情况下或在内部错误计数器溢出之后，HS-PMA必须发出唤醒信号。

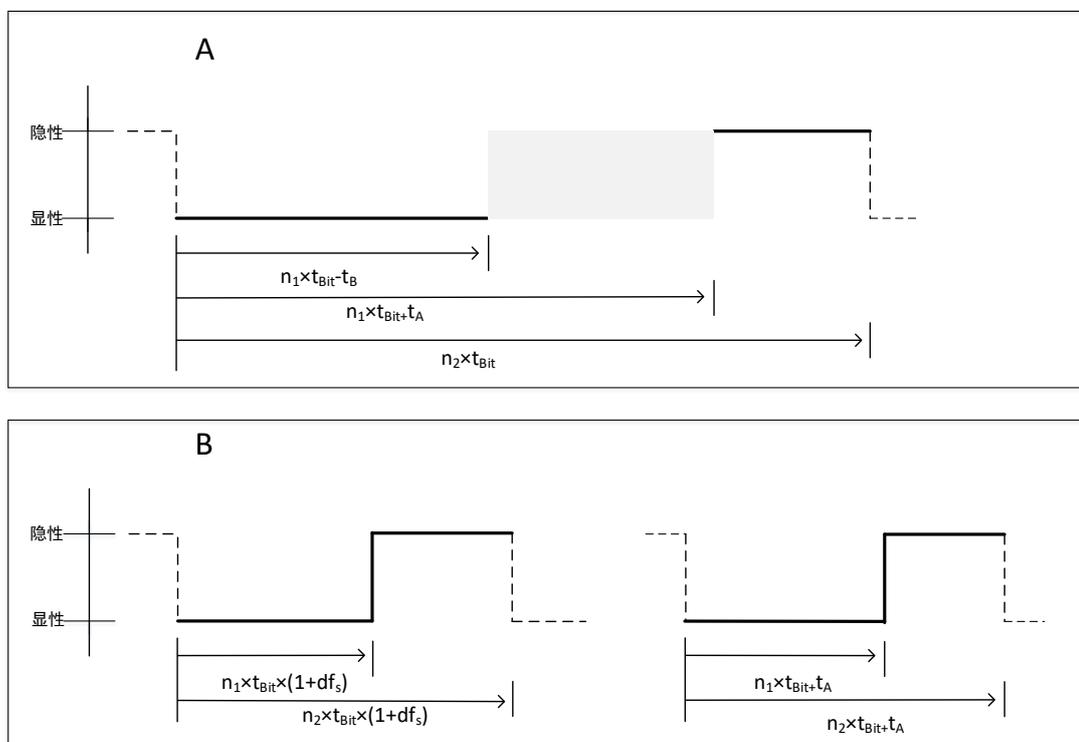
### 5.9.4.2 正常功能模式与低功耗模式转换

如果在模式切换之前使能选择性唤醒，并且HS-PMA不再忽略帧，在帧检测到IP模式转换期间，需要支持CAN数据和远程帧的解码。如果接收到的帧是有效的WUF，则收发器应指示唤醒。如果使用以上方式，在正常功能和低功耗模式下可以解码CAN帧。

### 5.9.4.3 位解码

当CAN\_H和CAN\_L之间差分电压时序符合以下两种信号之一时，HS-PMA接收到标准CAN帧必须解码正确：

- 比特流由多个信号形状A组成（用于处理振铃）
  - 比特流可以由多个信号形状B1和一个信号形状B2（以处理发送器时钟容差和仲裁丢失）组合。
- 这两种类型的信号在图5中指定。



**Key** 关键

**n1** 连续显性位的数量 {1, 2, 3, 4, 5}

**n2** 两个下降沿之间位的数量 {2, 3, ..., 10};  $n2 > n1$

**tA**  $0 \leq tA \leq 55\%$  of tBit (产品规定的tA允许的较高最大值)

**tB**  $0 \leq tB \leq 5\%$  of tBit (产品规定的tB允许的较高最大值)

**tBit** 正常位时间

**dfs** 根据此文档, 收发器应该容忍发送者时钟频率偏差达到至少0.5%

**NOTE** 常用的tBit值为2  $\mu$ s, 4  $\mu$ s和8  $\mu$ s

图5 用于位接收的VDiff的信号形状A和B

在信号形状A的“ $n1 \times tBit - tB$ ”到“ $n1 \times tBit + tA$ ”的时间间隔内的边沿被忽略, 不会导致解码错误。

#### 5.9.4.4 唤醒帧评估

如果满足以下所有条件, 则一个有效标准CAN帧将被作为一个有效WUF被接收。

a) 当DLC匹配[见c]]未被禁用时, 接收到的帧是标准CAN数据帧。当DLC匹配禁用时, 帧也可以是远程帧。

b) 接收到的传统CAN帧的ID (定义在本标准的第一部分) 与相关位位置中配置的ID (在HS-PMA实现中) 完全匹配, 相关位位置由ID掩码 (在HS-PMA实现中) 给出。参见5.9.4.7所示的机制。

c) 接收到的传统CAN数据帧的DLC (如本标准其它部分中定义) 与配置的DLC完全匹配, 见5.9.4.8所示的机制。可选的, 可以通过HS-PMA中的配置来禁用该DLC匹配条件。

d) 当DLC大于0并且DLC匹配被使能时, 接收到的帧的数据场 (本标准其它部分中定义) 在位位置中至少设置一个位, 对应于在配置的数据掩码中设置的一个位, 见5.9.4.9所示的机制。

e) 在应答 (ACK) 之前检测到正确的循环冗余校验 (CRC), 包括隐性CRC定界符, 并且没有错误 (本标准其它部分中定义)。图6描述的是“无关于帧解码”的位。

注: 没有要求在CEFF中, 接收到一个显性的SRR位作为一个有效的WUF。

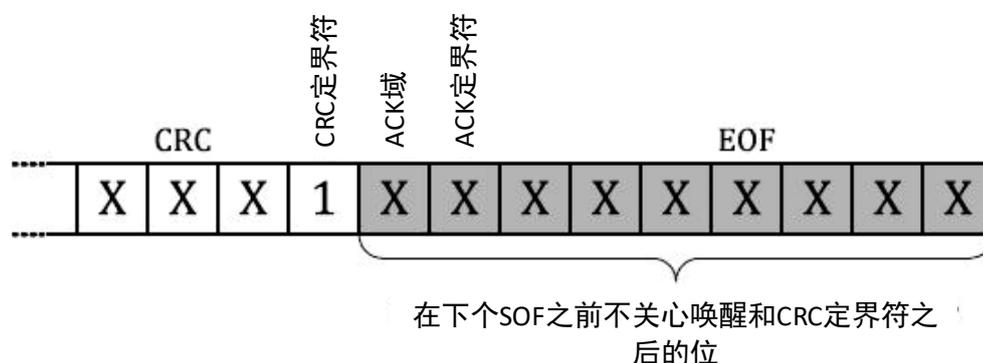


图6 无关帧解码的位

#### 5.9.4.5 帧错误计数机制

在选择性唤醒功能 (如: 通过连接的主控制器) 激活时, 并且在tSilence时间终止时, 用于错误CAN

帧的计数器必须被设置为零。计数器的初始值为零。当检测到位填充错误、CRC错误或CRC定界符格式错误（本标准其它部分中定义）时，该计数器将加1。如果已经接收到有效的标准CAN帧（5.9.4.4中的定义），并且计数器不为零，则计数器将减1。在CRC定界符与间歇场结束之间的显性位不得增加帧错误计数器。

当计数器的每个增加或减小上，HS-PMA中的解码单元在考虑将显性位作为帧起始之前，必须等待nBits\_idle隐性位。图7描述了当接收到传统CAN帧并且出现错误情况时，强制启动帧（SOF）检测的位置。

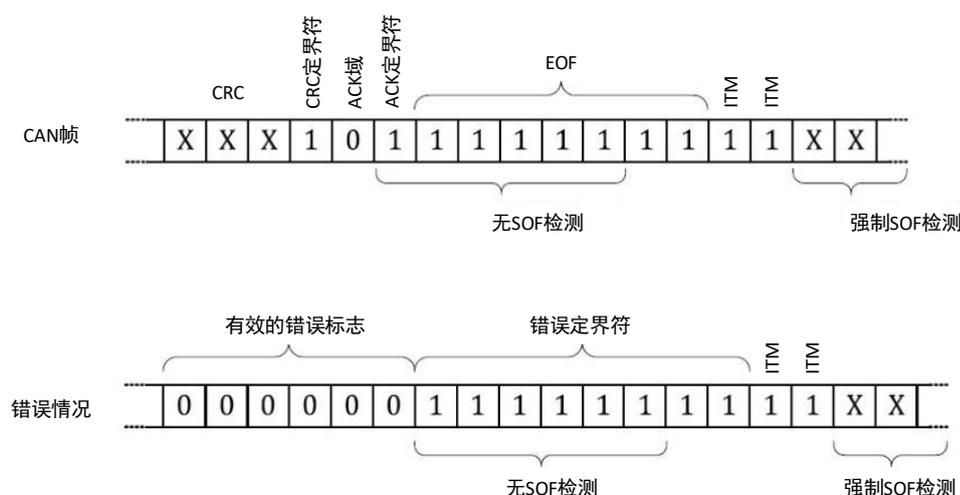


图7 标准CAN帧和并且出现错误情况后强制SOF检测

当计数器达到阈值时，唤醒将立即发生或直到再一次接收到的WUP。默认阈值为32，其它值是可以配置的。

最多四个（或最多八个，当位速率 $> 500 \text{ kbit / s}$ ）连续的标准CAN数据和偏压响应时间之后启动的远程帧，tBias超时可以被忽略（无错误计数器增加失败）或判断为错误（错误计数器增加，即使在没有错误的情况下）。

在CEFF中使用非标保留位（SRR, r0），接收帧不会导致错误计数器的增加。

#### 5.9.4.6 CAN FD 帧兼容机制（可选）

在显性res位之后，收到隐性FDF位时，HS-PMA中的解码单元考虑将显性位作为帧起始之前，必须等待nBits\_idle隐性位。图7描述了当接收到CAN FD数据帧时在错误情况下的强制SOF检测的位置。表18指定了nBits\_idle的有效范围。

当接收的FDF位是隐性状态，并且后续位置的位也是隐性状态时，这种行为不在本文档的范围之内。执行下面位过滤器选项，用于支持仲裁和数据相位比特率的不同组合。

—选项1：支持小于或等于4倍的仲裁比特率或 $2 \text{ Mbit / s}$ 的数据相位比特率（以较低者为准）。

—选项2：支持小于或等于10倍的仲裁比特率或 $5 \text{ Mbit / s}$ 的数据相位比特率（以较低者为准）。

显性信号长度小于或等于仲裁比特时间的pBitfilter的最小值，显性信号不应被认为是有效位，并且不能重新启动隐性位计数器。显性信号长度大于或等于仲裁位时间的pBitfilter的最大值，显性信号将重新启动隐性位计数器。表19根据所选择的bitfilter选项规定pBitfilter作为仲裁位时间的百分比。

表18 下一个SOF之前的隐性位数

参数	条件	值	
		最小	最大
新的SOF之前的隐性位数必须被接收	nBits_idle	6	10

表19 CAN FD数据阶段中的位滤波器

参数	符号	值	
		最小	最大
CAN FD数据相位过滤器（选项1）	pBitfilteroption1	5 %	17,5 %
CAN FD数据相位过滤器（选项2）	pBitfilteroption2	2,5 %	8,75 %

#### 5.9.4.7 唤醒帧 ID 评估

必须支持CAN-ID掩码机制，以排除比较的ID位。应支持11位和29位CAN-ID和ID掩码。用户选择是否必须在CBFF或CEFF中显示WUF。IDE位不是ID掩码的一部分。在任何情况下都必须进行评估。

除“不关心”之外的所有屏蔽ID位应与配置的ID位完全匹配。如果屏蔽的ID位配置为“无关”，则应接受“1”和“0”两种。

图8显示了ID-掩码寄存器对应的有效WUF ID的示例。

配置ID	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
掩码寄存器	c	c	c	c	c	c	c	c	c	d	d
有效的WUFID	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
无效的WUFID	1	0	0	0	1	0	1	0	1	x	x
	1	0	0	0	1	0	1	1	0	x	x
	1	0	0	0	1	0	1	1	1	x	x
	1	0	0	0	1	0	0	0	0	x	x
	⋮									⋮	⋮

说明

d 无关

c 有关

图8 ID屏蔽机制示例

#### 5.9.4.8 唤醒帧 DLC 评估

如果启用DLC匹配条件，则当接收到的帧的DLC与所配置的DLC完全匹配时，传统CAN帧只能是有效的WUF。

如果DLC匹配条件被禁用，则DLC和数据场不被评估，并且当标识符匹配（见5.9.4.7）且CRC正确时，传统CAN帧已经是有效的WUF。

#### 5.9.2.9 唤醒帧数据场评估

如果启用了DLC匹配条件，则如果接收到的WUF的数据场内的至少一个逻辑1位与配置的WUF中的数据场的逻辑1位匹配，则传统CAN帧只能是有效的WUF。

如果DLC匹配条件被禁用，则DLC和数据场不被评估，并且当标识符匹配（见5.9.4.7）且CRC正确时，传统CAN帧已经是有效的WUF。

图9展示了具有不匹配和匹配的ID场的示例。

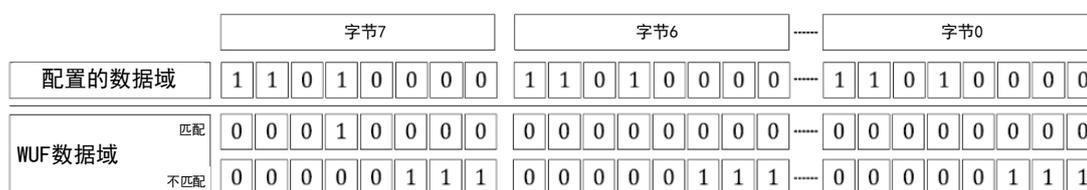


图9 接收到的标准CAN数据帧内的数据场示例

利用这种机制，可以仅用一个唤醒帧来唤醒多达64个独立的ECU组。

### 5.10 总线电压偏差

#### 5.10.1 简述

HS-PMA应根据表5和表6对CAN\_H和CAN\_L进行偏压。

当HS-PMA具有低功耗模式和选择性唤醒功能时，需要自动电压偏置。对于所有其它实现方式，应实现正常偏置或自动电压偏置。

#### 5.10.2 正常偏压

正常偏压意味着总线偏压在正常模式下有效，在低功耗模式下无效。

#### 5.10.3 自动偏压

自动偏压意味着总线偏置在正常模式下有效；在低功耗模式下由CAN\_H和CAN\_L之间的差分电压控制。以下状态机阐明了机制。

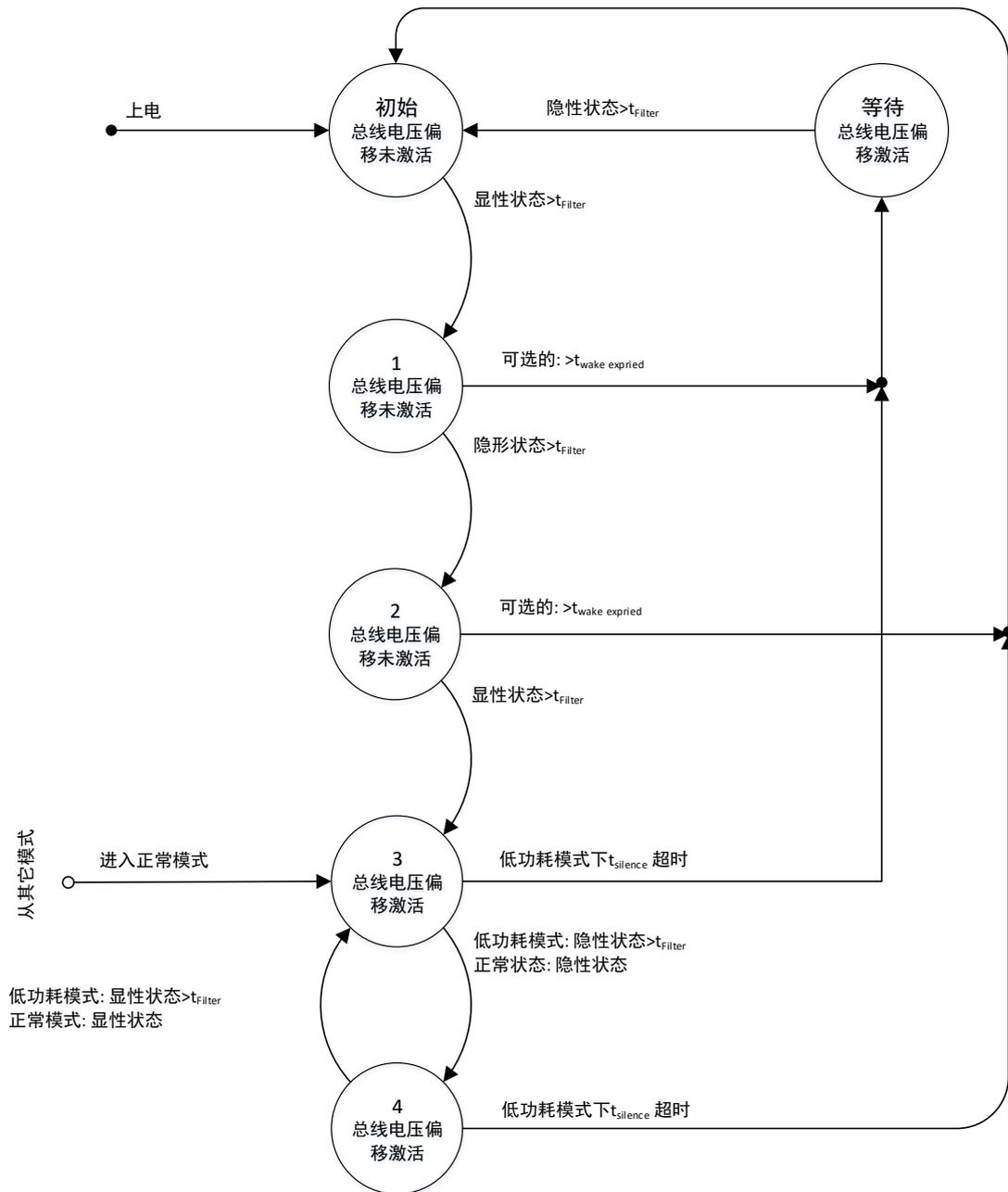


图10 自动偏压控制总线压差

图10中的状态机定义了所有操作模式的总线偏压特性。当进入状态1时，可选定时器 $t_{wake}$ 必须被清零并重新开始计时。当进入状态3或4时，定时器 $t_{silence}$ 必须清零并重新开始计时。

表20规定了总线偏压控制时序，图11规定了偏置响应时间。

表20 HS-PMA总线压差计时控制

参数	符号	值		条件
		最小 $\mu\text{s}$	最大 $\mu\text{s}$	
CAN活跃滤波时间, 长 <sup>a</sup>	$t_{\text{Filter}}$	0, 5	5, 0	总线电压依据表A. 2
CAN活跃滤波时间, 短 <sup>b</sup>	$t_{\text{Filter}}$	0, 15	1, 8	可选超时参数
唤醒超时 <sup>c</sup>	$t_{\text{Wake}}$	800, 0	10 000, 0	当总线从显性变为隐性或反之亦然时, 定时器复位并重新启动。
总线活跃超时	$t_{\text{Silence}}$	$0, 6 \times 106$	$1, 2 \times 106$	从显性-隐形-显性序列开始 (每个阶段 $6 \mu\text{s}$ )直到 $v_{\text{sym}} \geq 0, 1$ 测量。参见表12所示的 $v_{\text{sym}}$ 。
总线偏压响应时间	$t_{\text{Bias}}$	未定义	250, 0	

a 如果符合“CAN激活滤波时间, 短”, 则HS-PMA不需要满足以上时间要求。应该注意的是, 最大滤波时间对匹配的唤醒信号有影响, 特别是在高比特率下。例如, 一个500 kbit / s的系统, 一条信号必须至少携带三个类似的位电平, 以便安全地通过唤醒滤波器。较短的滤波时间HS-PMA可能会增加, 由于噪音引起的不需要的总线唤醒的风险。指定的范围是对不想要的唤醒的鲁棒性和信号选择的自由之间的折中方案。

b 如果满足“CAN活动过滤器时间, 长”, 则HS-PMA不需要以上时间要求。

c 对于旧执行器, 最小值为 $350 \mu\text{s}$ 是可以接受的。

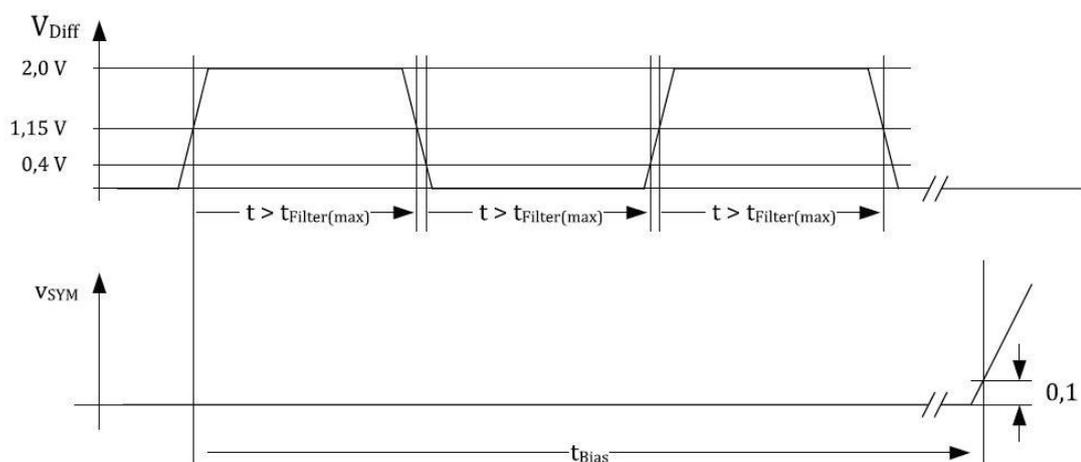


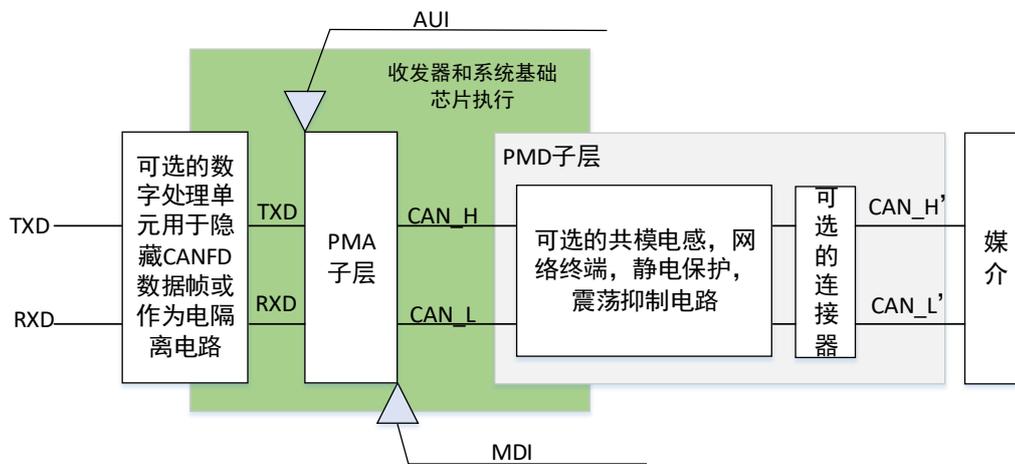
图11 偏置反应时间测量的测试信号定义

附录 A  
(资料性附录)  
ECU 和网络设计

A. 1 实施方式

此章节定义物理媒介连接子层。它可以在独立的CAN收发器芯片中或在包含如电压调节，唤醒逻辑和看门狗功能的系统底层芯片中实现。这些执行器也可以提供额外的功能，但这些功能超出本文档的定义范围。

图A. 1所示的是一个可选的数字处理单元，它能实现将CAN FD数据帧隐藏到CAN数据链路层。另一个可选功能是电隔离。请注意，这些可选功能会导致一些时间延迟。



图A. 1 本文档中的可选功能，收发器及其相关OSI子层的兼容关系

图A. 1还显示了属于物理媒介相关子层的一些可选功能，如振铃抑制电路。这些可选功能可以改善总线上（CAN\_H和CAN\_L）模拟信号的信号完整性。

注：使用这些功能可能会对EMC性能产生影响。

当使用振铃抑制电路时，在显性到隐性边沿之后的位宽间隔[tBit (Bus)]中，差分内部电阻通常为120 Ω。

A. 2 CAN 网络设计期望指标

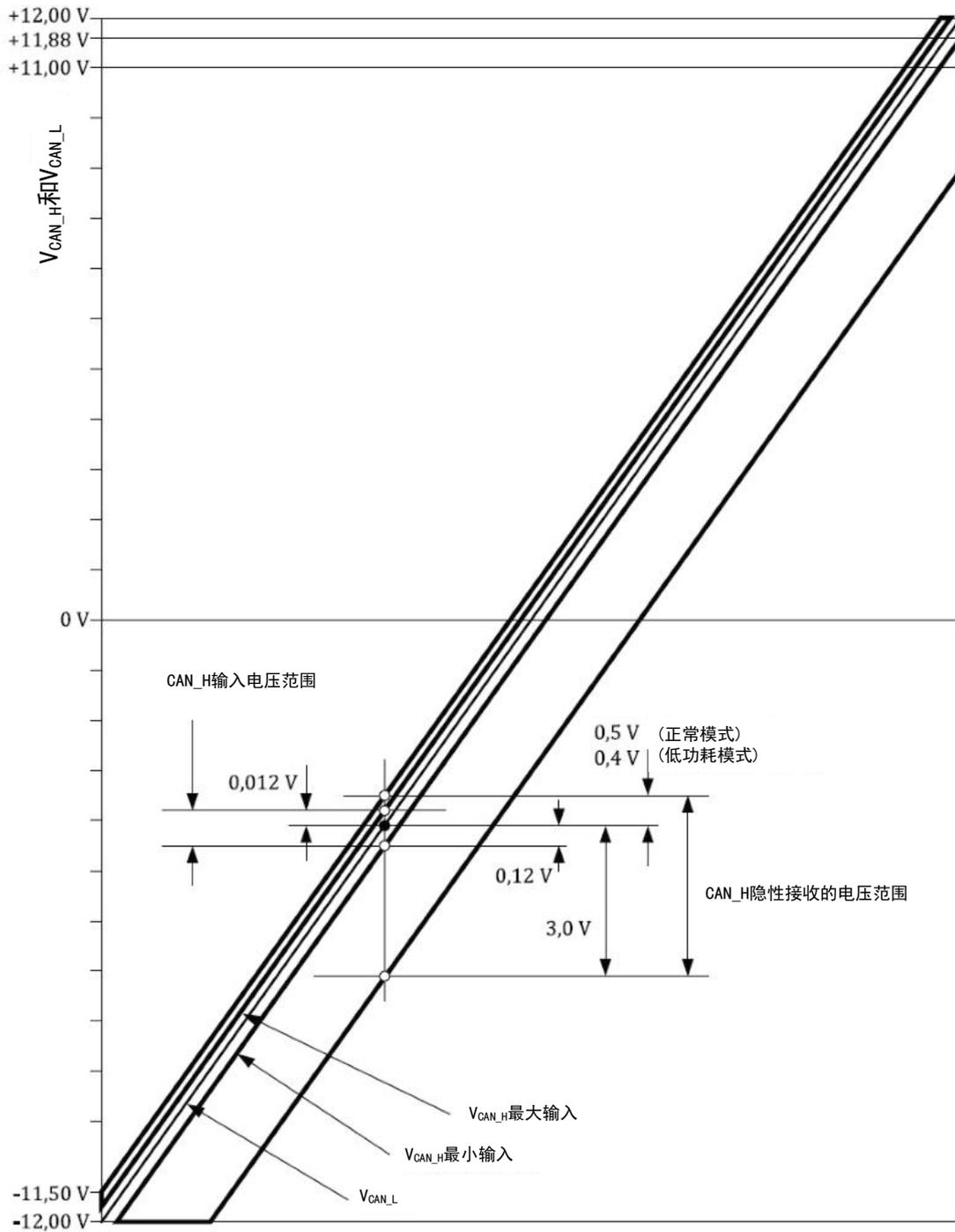
本章节概述HS-PMA连接到媒介推荐使用VCAN\_L和VCAN\_H的输入电压。

表A. 1所示的是用于接收隐性状态的CAN接口电压参数。

表A. 1 用于接收隐性状态的输入电压参数

参数	符号	值			条件
		最小V	正常V	最大V	
工作输入电压	VCAN_H	-12, 0	+2, 5	+12, 0	相对于每个CAN节点的单独接地测量
	VCAN_L	-12, 0	+2, 5	+12, 0	
差分输入电压	VDiff	-3, 0	0	+0, 012	
差分输入电压由存在于总线上的各个CAN节点的隐性状态输出电压的组合决定。因此，VDiff近似为零。					

图A.3显示了在隐性状态下， $V_{CAN\_H}$ 和 $V_{CAN\_L}$ 电压的相关性。



图A.2 在隐性状态下，当 $V_{CAN\_L}$ 从最小到最大电压范围变化时， $V_{CAN\_H}$ 的有效电压范围

表A.2显示了用于接收显性状态的CAN接口电压参数。

表A.2 用于接收显性状态的输入电压参数

参数	符号	值			条件
		最小V	正常V	最大V	
共模电压	V <sub>CAN_H</sub>	-10,8	+3,5	+12,0	相对于每个CAN节点的单独接地测量
	V <sub>CAN_L</sub>	-12,0	+1,5	+10,8	
差分电压 <sup>a</sup>	V <sub>Diff</sub>	+1,2	+2,0	+3,0	每个CAN节点连接到媒介的测量

a V<sub>CAN\_H</sub>的最小值由V<sub>CAN\_L</sub>的最小值加上V<sub>Diff</sub>的最小值决定。V<sub>CAN\_L</sub>的最大值由V<sub>CAN\_H</sub>的最大值减去V<sub>Diff</sub>的最小值决定。

通过R<sub>Diff</sub>将CAN节点添加到媒介中，总线负载增加。因此，V<sub>Diff</sub>减少。媒介上允许连接的CAN节点数量是通过V<sub>Diff</sub>最小值决定。而且，电缆材料、长度和横截面在HS-PMA实现之间以及连接器之间影响可以在接收时测量的V<sub>Diff</sub>。HS-PMA的输入。

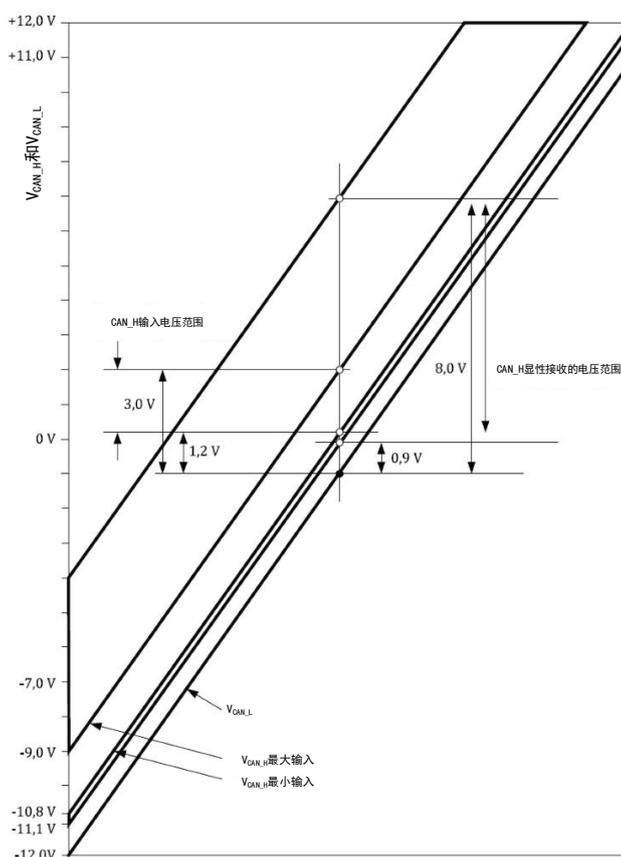
图A.4显示依据表A.2，在显性状态下，电压V<sub>CAN\_H</sub>和V<sub>CAN\_L</sub>的相关性。

表A.3 仲裁期间接收显性状态的输入电压参数

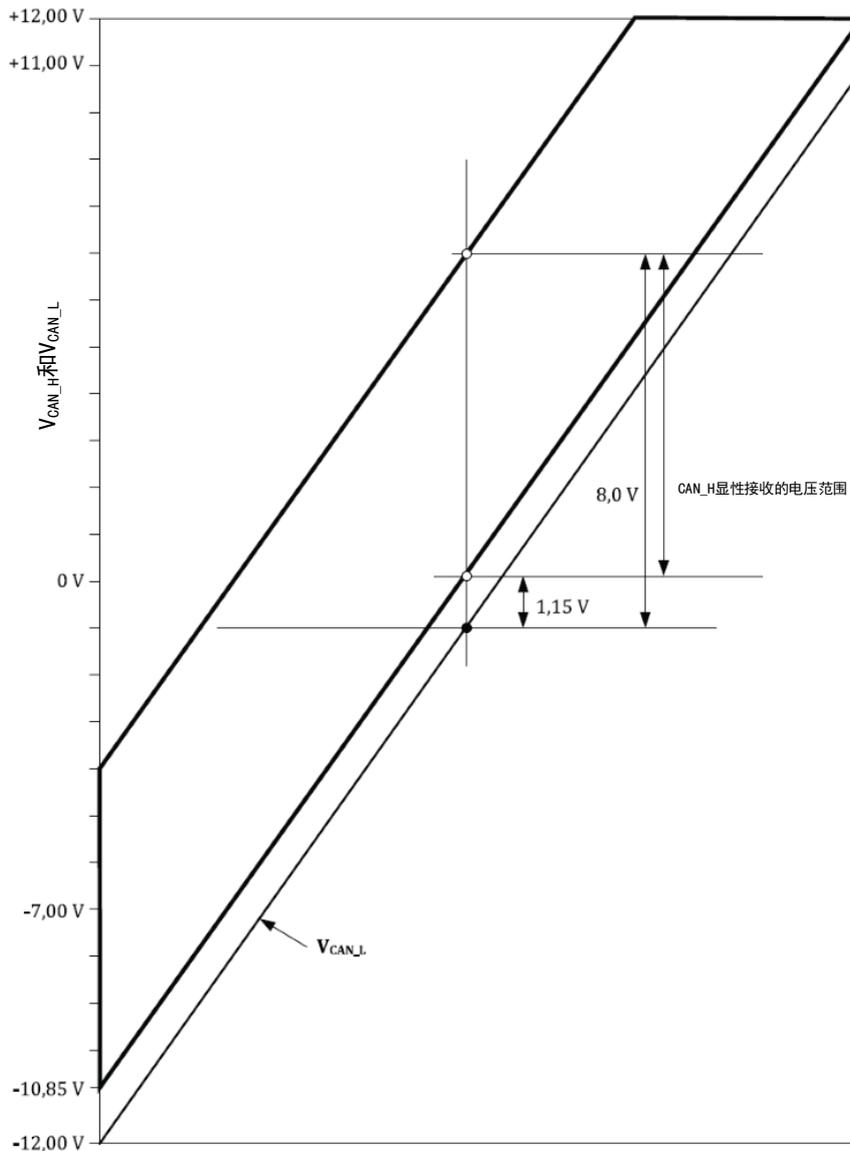
参数	符号	值		条件
		最小V	最大V	
共模电压	V <sub>CAN_H</sub>	-10,8	+12,0	相对于每个CAN节点的单独接地测量
	V <sub>CAN_L</sub>	-12,0	+10,8	
差分电压	V <sub>Diff</sub>	+1,2	+3,0	每个CAN节点连接到媒介的测量

V<sub>CAN\_H</sub>的最小值由V<sub>CAN\_L</sub>的最小值加上V<sub>Diff</sub>的最小值决定。V<sub>CAN\_L</sub>的最大值由V<sub>CAN\_H</sub>的最大值减去V<sub>Diff</sub>的最小值决定。

V<sub>Diff</sub>的最大值由V<sub>Diff</sub>仲裁期间的上限加上最多3V的漂移。



图A.3 在无仲裁并处于正常模式情况下， $V_{CAN\_L}$ 从最小到最大共模范围变化，对应的用于监控显性状态的 $V_{CAN\_H}$ 的有效电压范围



图A.4 在HS-PMA未连接到媒介并处于低功耗模式下， $V_{CAN\_L}$ 从最小到最大共模范围变化时，用于监控显性状态的 $V_{CAN\_H}$ 的有效电压范围

### A.3 HS-PMA 实施数据表中的期望

数据表需要根据表13和表14给出的位时间要求来表示最大支持的比特率。

在执行选择性唤醒功能的情况下，数据表需要规定支持部分网络仲裁比特率。

在执行选择唤醒功能，并FBFF和FEFF中的帧是允许的情况下，需要声明数据比特率和仲裁比特率的最大支持比率以及绝对最大数据比特率。

数据表需要说明，在本文档中特定的HS\_PMA中实现的功能分类哪一种为可选（如，扩展总线负载范围，传输显性超时，CAN激活滤波时间等）。

## A. 4 可选特性和执行选择概述.

本文档为HS-PMA提供以下选项。表A. 4列出了本文档中指定的功能选项。

表A. 4 可选特性和功能

序号	选项	参考
1	支持扩展总线负载范围	5.3, 表 2
2	发送显性超时功能	5.3, 表 7
3	支持1Mbit / s以上到2Mbit / s的比特率	5.6, 表 13
4	支持2 Mbit / s以上到5 Mbit / s的比特率	5.6, 表 14
5	支持扩展CAN_H和CAN_L的最大额定值	5.7, 表 15
6	支持唤醒	5.9, 表 17

在HS-PMA执行低功耗模式的情况下, 需要实现表18所示的唤醒机制。每个唤醒机制都有选项和替代项, 见表A. 5, A. 6, A. 7和A. 8。

表A. 5 唤醒特性中的替代计时

序号	选项 1	选项 2	选项 3	参考
1	CAN激活过滤时间长	CAN激活过滤时间短	CAN激活过滤时间长, CAN激活过滤时间短	5.9, 表17
2	唤醒超短 <sup>a</sup>	唤醒超时长	没有唤醒超时	5.9, 表17
a仅适用于旧设备。				

表A. 6 选择性唤醒功能的选项

序号	选项	参考
1	支持禁用DLC匹配	5.9.4.4.

表A. 7 通过选择性唤醒功能处理CAN FD帧的备选方案

序号	选项 1	选项 2	选项 3	参考
1	不兼容 (不推荐用于新设计)	兼容比特率比率最大1: 4或数据场最大2 Mbit / s的CAN FD帧	兼容比特率比率最大1:10或数据场最大5 Mbit / s的CAN FD帧	5.9.4.6

表A. 8 TXD显性超时功能的备选方案

序号	选项 1	选项 2	选项 3	参考
1	无超时	超短 <sup>a</sup>	超时长 <sup>a</sup>	5.3
a仅适用于旧设备				

附 录 B  
(资料性附录)  
PN 物理层模型

表B.1 提供PN物理层模型特点概述。

表B.1 PN物理层特点

具有PN功能的FD 兼容收发模式	CAN FD报文的帧结束检测 (短时脉冲波干扰滤波), 从FDF =隐性到EOF时, 选 择唤醒被使能	总线唤醒检测	帧错误计数	帧错误计数器 值	tSilence功能
正常	帧错误计数有效时需要/帧 错误计数无效时不需要	需要WUF检测	可选项	计数增加/减 少或者不变	有效或无效
正常模式到低功耗 模式	帧错误计数有效时需要/帧 错误计数无效时不需要	需要WUF检测	可选项	计数增加/减少 或者不变	有效或无效
低功耗和tSilence 不超时和总线偏压 有效	需要	需要WUF检测	需要	计数增加/减 少或者不变	激活
低功耗和tSilence 没超时	不激活	需要WUF检测	不激活	值设置为零	无效
低功耗和 tSilence不超时 和总线偏压有效 (从WUF到总线偏 压有效)	无效	需要WUF检测	I无效	无改变	有效
低功耗转换到正常 模式	帧错误计数有效时需要/ 帧错误计数无效时不需要	需要WUF检测	可选项	计数增加/减少 或者不变	有效或无效

## 参 考 文 献

- [1] ISO / IEC 7498-1, 信息技术 - 开放系统互连 - 基本参考模型: 基本模型
- [2] ISO 11898-3, 道路车辆 - 控制器局域网 (CAN) - 第3部分: 低速, 容错, 媒介相关接口
- [3] ISO 11898-4, 道路车辆 - 控制器局域网 (CAN) - 第4部分: 时间触发通信
- [4] ISO 11898-5, 道路车辆的控制器区域网络 (CAN) 第5部分: 低功耗模式的高速介质访问单元
- [5] ISO 11898-6, 道路车辆的控制器区域网络 (CAN) 6部分: 选择性唤醒功能高速介质访问单元