

# CAN 总线故障诊断和解决

PCAN-Diag 2

应用笔记



南京来可电子科技有限公司

文档版本：1.0.0（2014.07.19）

## 目录

1. 简介.....	3
2. 检测波特率: .....	4
3. 终端测量 .....	5
4. 引脚电平测量.....	6
5. 总线错误率测试 .....	8
6. 总线利用率测试 .....	9
7. CAN 电平测量.....	10
8. CAN Error 检测.....	12
9. 报文的收发（符号表示） .....	13
10. 记录和回放（后期分析） .....	14

## 1. 简介



PCAN-Diag 2 是一款具有检测 CAN 总线功能的手持式诊断工具。可检测 CAN 总线通讯波特率，可测量总线负载、终端电阻和 CAN 连接器引脚电平；可收发 CAN 报文，支持数据库解析报文；集成 CAN 总线数据记录仪功能；集成双通道示波器功能，触发捕捉 CAN 波形。

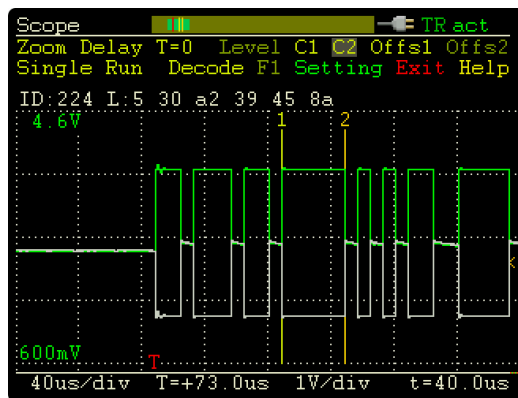
## 2. 检测波特率：

波特率（也称位定时，就是信号位的最小脉宽）是CAN 总线通讯的最基本要素。如果波特率不匹配或者波特率有所偏差，会导致识别信号的错误，造成无法通讯或者通讯异常。所以任何情况下，对异常的CAN 总线测试，首先都要测试波特率的准确性。波特率偏差主要发生在如下情况：使用了非整数值的晶振（比如11.0592MHZ）、极端温度导致晶振偏差、CAN 控制器内部波特率发生器偏差。

一旦波特率有所偏差就会导致出错的概率大大增加，重发的无效数据次数增多，数据传输延迟等现象，降低了CAN 重同步纠错能力。所以保证准确的波特率是CAN 通讯中最重要的因素。

诊断仪支持基于一个固定值列表自动探测比特率，这个固定值列表可以是由 14 个预设值和已定义的用户自定义值（最多 8 个）组成。另外，总线上有数据流才能检测波特率。

另外，诊断仪集成双通道示波器功能，支持分辨率达到 50ns 的时间测量，用户通过测量 CAN 信号最窄波形时间段值（位宽度）获知通讯波特率。波特率是位宽度的倒数。



### 解决措施：

- 将总线上每个节点单独上电，自动探测比特率，或者，使用诊断仪集成的示波器单独测量位宽度，找到故障节点，亦对其程序中的位定时寄存器或者晶振进行修正为正确位时间。
- 如果无法修改故障节点的程序，或者已经是同样的波特率还是无法正常通讯。这时需要考虑到可能是采样点不一致导致。所以建议修改正常节点的程序。需要提高正常节点波特率寄存器中的同步跳转宽度 SJW 值（加大到 3 个单位时间），则可以加大位宽度和采样点的容忍度。

### 3. 终端测量

高速 CAN 总线 (ISO11898-2) 必须在 CAN 线 CAN\_L 和 CAN\_H 之间的两端使用 120 欧姆电阻进行终止。这项措施将防止在电缆两端信号反射并且保证并联到 CAN 总线的 CAN 收发器工作正常。

两个终端电阻并联得到 60 欧姆的总阻值，总电阻的测量提供了有关正确的 CAN 总线终止信息。

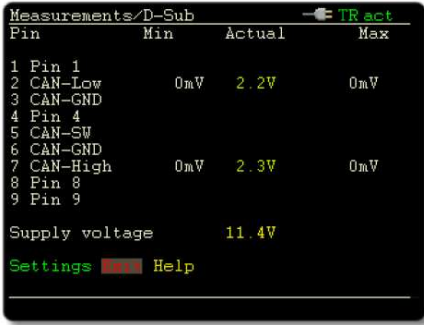
诊断仪内置 124 欧姆终端电阻，可启用和关闭终端电阻，可重复测量，支持系统运行中测量。

#### 解决措施：

测量	解读
约 60 Ohm	通过测量，确定总线的终止是良好的。 确保终端电阻被放置在总线的末端，而不是其它位置。
missing	CAN 总线缺少任何终端电阻，或使用电阻过大，请按照上述设定一个正确的终止。
约 120 Ohm	只有一个终端电阻存在。 在缺失终端电阻的总线末端安装一个 120 欧姆电阻。
< 45 Ohm	太多的终端电阻存在于 CAN 总线。 其中可能的原因是，在一个总线末端有两个独立的终端电阻，或一个有内置终端电阻的 CAN 节点又被外配了一个终端电阻。

## 4. 引脚电平测量

诊断仪的 CAN 接口是 D-Sub 9 针连接器，引脚电平测量功能支持测量出 D-Sub 连接器每个引脚的电压值。



Pin	Min	Actual	Max
1 Pin 1			
2 CAN-Low	0mV	2.2V	0mV
3 CAN-GND			
4 Pin 4			
5 CAN-SW			
6 CAN-GND			
7 CAN-High	0mV	2.3V	0mV
8 Pin 8			
9 Pin 9			
Supply voltage		11.4V	

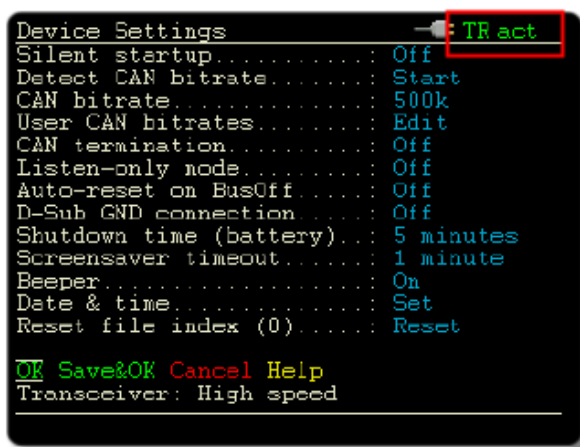
Settings Help

如上图，选择测量 CAN\_Low 和 CAN\_High 两个引脚的电平。当一个高速 CAN 收发器处于空闲状态（无 CAN 流量），信号线 CAN\_High 和 CAN\_Low 上的电压大约 2.5 伏。如果所测量的电压差异显著，则电缆连接或 CAN 节点的 CAN 收发器可能存在问题。

### 解决措施：

查看电缆连接或 CAN 节点的 CAN 收发器是否存在问题。

## 5. 总线状态查看:



TR

CAN 通道: T=发送, R=接收

闪烁: 输出或传入 CAN 报文

绿: 通道正常 黄: 通道主动错误 红: 通道被动错误

act

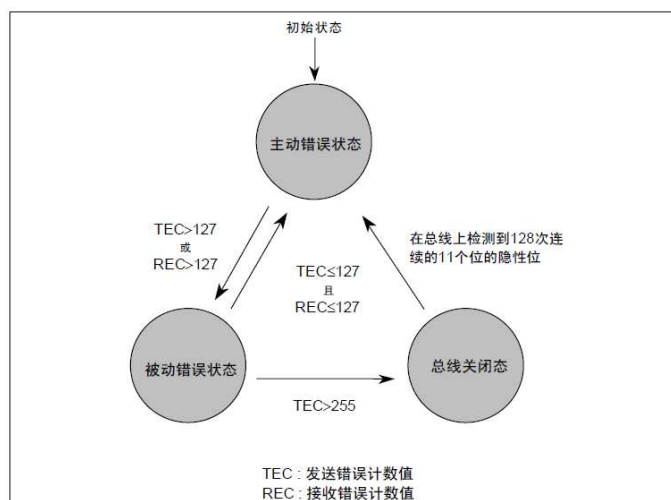
通知总线状态 (主动, 被动, 总线关闭), 当进入总线关闭状态时, 由于高 (传输) 误码率, 停止进一步发送或接收 CAN 报文。这种情况下, 在修复总线问题后 (例如波特率错误), 应该执行一次 CAN 控制器复位。

pas

off

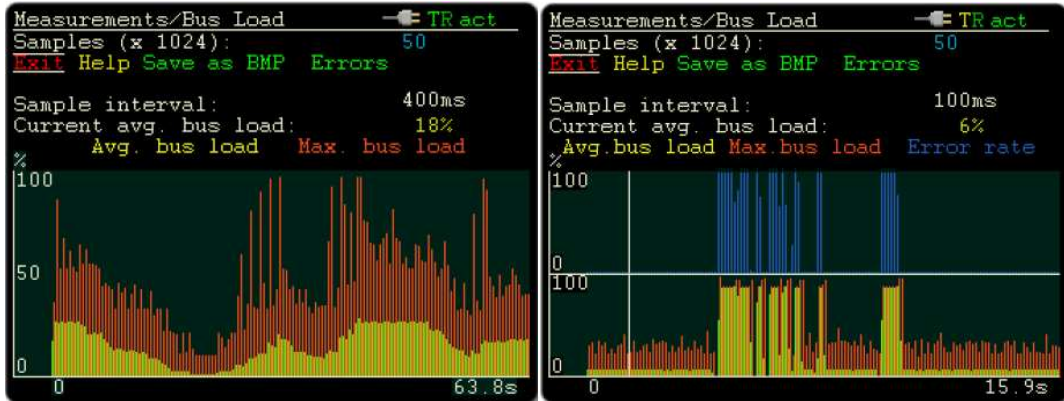
### 错误状态和计数值的关系:

单元错误状态	发送错误计数值 (TEC)	接收错误计数值 (REC)
主动错误状态	0~127	且 0~127
被动错误状态	128~255	或 128~255
总线关闭态	256~	—



## 6. 总线错误率测试

测量总线负载，通过时间负载图的方式显示，可选独立显示错误帧的总线负载。如下图，黄色曲线图是总线负载平均值、红色曲线图是总线负载最大值、蓝色曲线图是错误帧总线负载平均值。



通过查看错误帧总线负载平均值，以评测目前总线的运行情况。如下表：

错误帧总线负载平均值	状态
20%以上	基本不能工作（信号延迟、丢失等情况非常严重）
10%-20%	亚健康待整改（信号经常有延迟、丢失等情况）
5%-10%	可工作（信号偶尔有延迟、丢失等情况）
3%以下	工作状况较好（总线错误对通讯影响较小）

由于CAN 传输的CRC 校验机制，保证了错误帧不会被CAN节点接收，但错误帧也会占用总线，导致正确的报文延时或者总线堵塞。所以降低错误帧负载占比(即提高传输成功率)就是保证系统工作正常的保证。

### 解决措施：

定位错误帧的 ID 和错误类别。可以通过两种方式定位 ID 和错误类别：

- 启用诊断仪的集成双通道示波器，设置 CAN Error 触发，捕捉错误帧，查看错误帧的波形，并且标示出错误帧的 ID 号和错误类别。
- 诊断仪的接收显示区可以直接标红显示接收到的错误帧，且标示出错误类别、帧 ID 和错误计数值。及在总线状态区查看错误状态。
- 或者使用 PCAN-Trace 或 PCAN-Explorer 5 软件查看记录的 CAN 报文，PCAN-Trace 或 PCAN-Explorer 5 软件可统计出错误帧的错误类型、帧 ID 和数量。

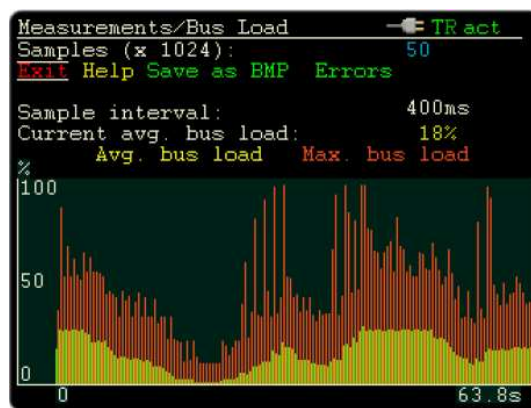


## 7. 总线利用率测试

CAN 总线本质上还是半双工通讯，就是“单行道”，即一个节点发送的时候其他节点无法发送数据。虽然 CAN 报文 ID 有优先级的区分，但如果高优先级一直占用总线，导致低优先级的节点就无法发出数据，这就是堵塞现象。所以控制流量，防止堵塞是总线健康正常通讯的基本要素。

拥堵的还有一个重要的危害就是发生报文竞争，导致仲裁。在仲裁结束时，容易产生尖峰脉冲，有导致位翻转的隐患，特别是在容抗较大场合，容易导致位错误。

测量总线负载，通过时间负载图的方式显示，可选独立显示错误帧的总线负载。如下图，黄色曲线图是总线负载平均值、红色曲线图是总线负载最大值。



如果总线平均负载都没有超过30%，则说明总线流量较好，没有明显的拥堵情况；

如果总线最大负载超过70%，则说有堵塞情况，建议进行流量分析整改。

如果总线平均负载都在 70%以上，则说明总线严重拥堵，必须进行流量分析整改。

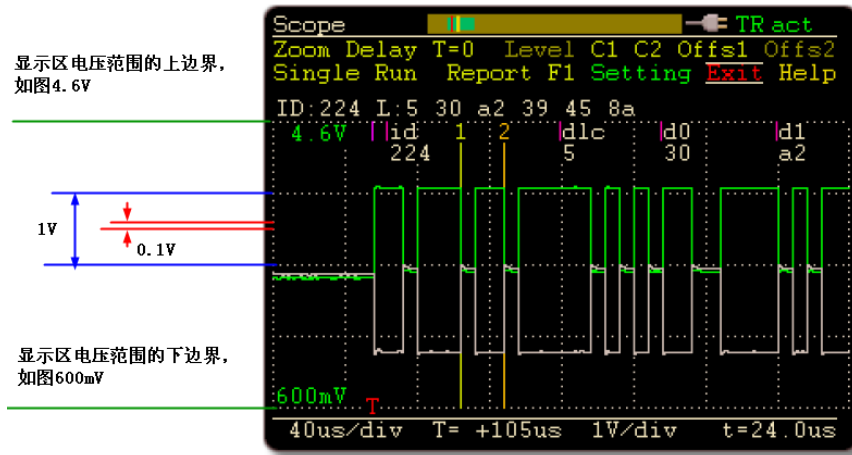
### 解决措施：

流量分析整改，你可以采取以下措施应对高总线负载情况：

- 提高总线上的所有 CAN 节点的通讯波特率（注意会缩短通讯距离，有可能导致通讯异常），
- 增加 CAN 网络内报文发送的周期时间，从而减少它们的出现（每个周期时间内更少的 CAN 报文）。

## 8. CAN 电平测量

使用诊断仪 Scope 功能测量 CAN 信号电平，可测 CAN-H、CAN-L 和 CAN-Diff 信号的电平值。如下图，直接从 Scope 显示区查看 CAN 波形的电平值。显示区会标示出电压范围的上边界和下边界，每个网格间是 1V，网格中两点之间是 0.1V。



CAN 总线上面的信号值是接收节点能正确识别逻辑信号的保证。一般来说差分电平  $CAN_{diff}=CAN_H-CAN_L$  的幅值只有大于 0.9V 才能被 100%识别为显性电平，同理如果幅值低于 0.9V 就有被识别出隐形电平的可能。

差分电平	识别成的逻辑值
>0.9V	显性电平 (0)
0.5~0.9V	不确定区域
<0.5V	隐形电平 (1)

上表中 0.5V~0.9V 是不确定区域，这个根据不同收发器而异，与温度也有关系。

ISO11898 规定了 CAN 电平的范围：

逻辑	高速 CAN		容错 CAN	
	隐性 (1)	显性 (0)	隐性 (1)	显性 (0)
CANH (单位 V)	Min:2.00 Nom:2.50 Max:3.00	Min:2.75 Nom:3.50 Max:4.50	Min:1.60 Nom:1.75 Max:1.90	Min:3.85 Nom:4.00 Max:5.00
CANL (单位 V)	Min:2.00 Nom:2.50 Max:3.00	Min:0.50 Nom:1.50 Max:2.25	Min:3.10 Nom:3.25 Max:3.40	Min:0.00 Nom:1.00 Max:1.15
CANdiff (单位 V)	Min:-0.5 Nom:0 Max:0.05	Min:1.5 Nom:2.0 Max:3.0	Min:-0.3 Nom:-1.5 Max:0	Min:0.3 Nom:3.00 Max:5.00

与 ISO11898 规范进行对照, 标定节点的 CAN-H、CAN-L 和 CAN-diff 是否在 ISO-11898 规范规定的范围内。当然这个幅值与终端电阻有着密切的关系, 如下表。

120 欧终端电阻个数	单节点 CAN-diff 幅值正常范围
1	2.5V
2	2 V
3	1.5~1.7 V
4	1.1~1.3 V
5	0.9~1.1 V

#### 解决方案:

1. 测试结果如果幅值超过规定范围, 先确认终端电阻是否没加或者只加了 1 个。确定已经有 2 个 120 欧, 则说明节点的 CAN 收发器供电过高, 导致输出幅值过高。这个原因有可能是给 CAN 收发器供电的 DC-DC 输出过高 (一般隔离 DC-DC 为了保证带负载能力, 都会输出高一点电压), 可以通过在 DC-DC 输出并联负载电阻的方式降低供电电压。
2. 如果幅值过低, 则可能是供电电源过低, 比如 5V 的 CAN 收发器却用 3.3V 供电。或者总线的终端电阻过小, 或并得过多终端电阻。

## 9. CAN Error 检测

先使用 Bus load 的 error 功能概览一下总线错误率状况，如果总线有错误，则可以使用诊断仪的 Scope 功能捕捉错误帧，深入查看 CAN error。当然，也支持直接在接收显示区中标红显示接收的错误帧。

诊断仪 Scope 功能，触发捕捉波形，可以波形查看错误帧的波形。并且，标示出错误类型和帧 ID。

诊断仪接收显示区和状态区，可显示接收的错误帧、错误类型、帧 ID、错误状态和错误计数值。

**错误的种类：**位错误、填充错误、CRC 错误、格式错误、ACK 错误。

**错误帧：**用于在接收和发送消息时检测出错误通知错误的帧。错误帧由错误标志和错误界定符构成。错误标志包括主动错误标志和被动错误标志两种。主动错误标志：6 个位的显性位。被动错误标志：6 个位的隐性位。错误界定符由 8 个位隐性位构成。如下图，错误帧的构成：



### 错误帧的输出：

检测出满足错误条件的单元输出错误标志通报错误。

处于主动错误状态的单元输出的错误标志为主动错误标志；处于被动错误状态的单元输出的错误标志为被动错误标志。

发送单元发送完错误帧后，将再次发送数据帧或遥控帧。

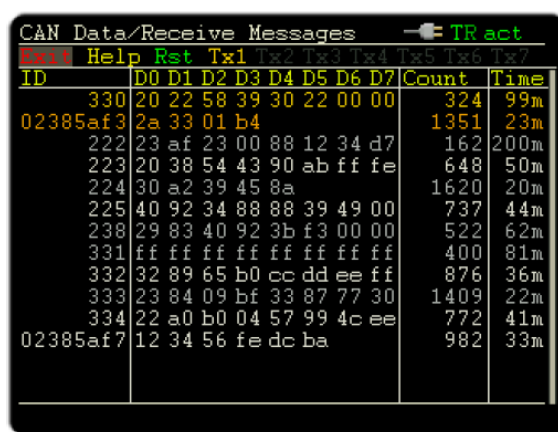
错误标志输出时序如下表所示。

错误的种类	输出时序
位错误	从检测出错误后的下一位开始输出错误标志。
填充错误	
格式错误	
ACK 错误	
CRC 错误	ACK 界定符后的下一位开始输出错误标志。

## 10. 报文的收发（符号表示）

发送 CAN 报文或 CAN 报文列表，自动或手动发送。

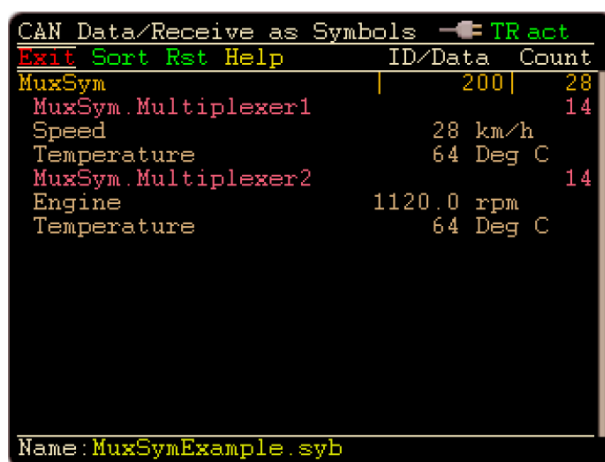
显示传入的 CAN 帧，按照 CAN ID 分类显示，并标示出最近接收的两个报文（相同 ID）之间的时间间隔。白色列表项表示传入的正常 CAN 帧，橙色表示用户重点标注，红色列表项表示 CAN 控制器报告的 CAN 错误。



ID	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Count	Time
330	20	22	58	39	30	22	00	00	324	99m
02385af3	2a	33	01	b4					1351	23m
222	23	af	23	00	88	12	34	d7	162	200m
223	20	38	54	43	90	ab	ff	fe	648	50m
224	30	a2	39	45	8a				1620	20m
225	40	92	34	88	88	39	49	00	737	44m
238	29	83	40	92	3b	f3	00	00	522	62m
331	ff	ff	ff	ff	ff	ff	ff	ff	400	81m
332	32	89	65	b0	cd	dd	ee	ff	876	36m
333	23	84	09	bf	33	87	77	30	1409	22m
334	22	a0	b0	04	57	99	4c	ee	772	41m
02385af7	12	34	56	fe	dc	ba			982	33m

支持导入数据库文件，数据库文件解析接收的 CAN 报文，数据库文件可以使 .dbc 文件，也可以是用户通过免费符号编辑软件编辑的符号文件。

另外，启用不同的数据库文件，查看不同的报文，可用作过滤查看。



ID/Data	Count
MuxSym	28
MuxSym.Multiplexer1	14
Speed	28 km/h
Temperature	64 Deg C
MuxSym.Multiplexer2	14
Engine	1120.0 rpm
Temperature	64 Deg C

Name: MuxSymExample.syb

## 11. 记录和回放（后期分析）

所有传入的 CAN 通讯，包括 RTR 帧和错误帧被记录到内部记忆卡的跟踪文件中，时间戳分辨率达到 1us。支持将跟踪文件回放到所连接的 CAN 总线上，会按照跟踪文件记录期间保存的 CAN 帧时间标识来回放。

记录文件可在 PC 上查看和分析，记录文件可转换成.CSV 和.ASC 格式文件供第三方软件打开查看和分析。