

| | | | |
|---|---|--|----------------|
|  | SURFACE VEHICLE RECOMMENDED PRACTICE 提交作为美国国家标准 |  | 出版： 2000年2月 |
| | 出版： 2000-2 | | |

单线CAN总线网络在车辆上的应用

前言—一本SAE标准目的旨在定义在低速车辆上使用的控制器局域网（CAN）协议的串行数据通信网络。这种低速的CAN总线的使用旨在提供一个较低的成本的SAE J2284高速CAN总线标准的补充。

本技术文档旨在针对安装在不同汽车上的电子控制单元（ECU）定义一个串行数据物理层、数据链路层和媒介设计标准。允许ECU和工具制造商为满足多个终端用户需求，对本文档进行最低限度基本设计的修改。同样，终端用户也会从通过由高容量的基础设计上改进的低成本的电控单元上获得利益。

1. 范围—一本SAE推荐规程将定义ISO模式物理层和部分数据链路层的数据通讯。且本文档规定了对于通过(ECU)与道路车辆通讯的单线媒介上运作的任意载波侦听多路访问/冲突分析（CSMA/CR）数据连接物理层规定要求。

在本文档中所示的要求将提供一个针对所有兼容ECU和媒介设计的最低性能水平标准。这将保证所有连接设备（与供应商无关）串行数据通信的充分性。

本文件将对描述任何在单线数据链路控制器和物理层接口的位置上给定的ECU的特定车辆OEM组件技术标准提供参考。物理层主要性能在文件中做出规定。当在组件技术规范中给出ECU的环境和其它方面的要求，应取代本文档的要求。

读者对象包括但不限于ECU的供应商，CAN控制器供应商，CAN收发器供应商，部件分离工程师，和车辆系统工程师。

1.1 任务/主题—本标准描述了能够在不同的载波侦听多路访问/冲突分析协议下操作的单线数据连接物理层的要求，如博世控制器局域网（CAN）2.0版。这个串行数据链路网络旨在用于以下场合，即当不需要高数据传输率且在物理媒介的组成部分以及在使用网络的微处理器和/或网络中使用专用逻辑装置中较低的数据速率可以降低成本的时候。

SAE技术标准委员会法规规定：该报告由SAE出版，用于提高技术和工程的水平。使用此报告是完全自愿的，可应用并适用于所有特定项目，包括由此产生的任何专利侵权均由使用者自己承担。

SAE至少每五年对每个技术报告进行一次重申，修改或取消。SAE诚邀您的意见和建议。版权©2003国际SAE

版权所有。未经SAE的书面许可之前，本出版物的任何部分不能复制、在检索系统中储存或以任何型式或方法，通过电子的、机械的、影印、录像或其他方式来传输。

订购联系电话：Tel: 877-606-7323 (包括美国和加拿大)

Tel: 724-776-4970 (除美国外的其它国家)

Fax: 724-776-0790

Email: custsvc@sae.org

SAE网址: <http://www.sae.org>

2. 参考

2.1 可用出版物—以下出版物形成的本规定的组成部分，具体规定如下。除另有注明外，应使用最新版本的SAE的出版物。

2.1.1 SAE 出版物—可从 SAE获得,400 Commonwealth Drive,沃伦戴尔,Pa. 15096—0001

SAE J551—所有部件—车辆及其设备的电磁兼容性测量方法和性能水平

SAE J1113—所有部件—车辆部件电磁兼容性测试的程序

SAE J1213—1—车载网络的数据通信和多路传输术语

SAE J1930—电路/电子系统术语，定义，缩写和首字母缩写

SAE J2284—车辆上使用的500 KBPS高速CAN (HSC)总线

SAE 970295—CAN总线比特时序参数优化

2.1.2 ISO 文档—可从 ANSI获得,25 West 43rd Street,纽约,NY 10036—8002.

ISO 7498—数据处理系统—开放系统互连标准参考模式

ISO 7637—道路车辆—传导和耦合产生的电子干扰—第1和2部分

2.1.3 供应商出版物

德尔福—德尔科汽车电子系统—DK166153 —单线CAN收发器

飞利浦—AU5790 —单线CAN收发器

英飞凌—TLE 6255 —单线CAN收发器

2.1.4 其它出版物

博世局域网控制器 — CAN 2.0规范

CISPR 25 —用作车载接收器保护的无线电干扰特性测试限制与测量方法

3. 定义

3.1 数据链路层—提供了可靠的跨越物理层信息传递。这包括信息的结构，帧型调整和误差控制。

3.2 显性信号—单线总线驱动和高电压状态。如果多个装置与总线相同，则该状态以隐性和非驱动状态为主。

3.3 媒介—物理实体在网络上电控单元之间电子（或等价的通讯方法）传输转换。对于单线CAN总线，该媒介是由一个单独的随机的直纹线组成的。

3.4 物理层—本ISO 7498子章节包括媒介，机械互连，和提供所有ECU节点的网络接入和互联的收发器章节组成的。

3.5 协议—ECUs之间信息交流的一套正式的公约或规则。这包括框架内管理，帧传输和物理层的标准。

3.6 辐射排放—从CAN总线物理层辐射出的能量。

3.7 抗辐射性能—物理层组成部分在高能电磁场中的通讯误差的敏感度水平。

3.8 隐性信号—非驱动的和单线总线的低压状态。如果多个设备与总线连接，则该状态显性状态占主导。

4. 简称、缩率语和符号

CAN —控制器区域网络

CSMA/CR —载波侦听多路访问/冲突分析

ECU—电控单元

EMC—电磁兼容性

ESD— 静电放电

ISO—国际标准化组织

Kbits/s—千比特每秒

SAE—汽车工程协会

SWC—单线 CAN总线

DLC—连接器连接诊断

5. 单线 CAN 系统要求—物理层负责提供把数字数据符号（1和0）转换至通讯媒介的算法。物理层接口是单线，高侧电压驱动以车辆地面为基准的总线。

5.1 物理和数据链路层特征

a. 载波侦听多路访问/冲突分析(CSMA/CR)总线通道和显性高信号电压和隐性低信号电压的仲裁。

b. 能操作含有11位或29位识别码CAN 2.0报文信息。

5.2 报文格式—所有的ECU单线CAN接口应符合1991年9月出版的博世“CAN规范2.0”。无论是11位还是29位帧识别码模式都可以使用。

11位识别码的编码域须由汽车制造商规定。“7个最重要的比特位（ID10 — ID4）不得全部隐性”的CAN总线要求不得强制在SAE J2411硬件上使用。

5.3 总线操作

5.3.1 正常通讯模式—比特传输速率在正常通讯模式下为33.333Kbits/s。正常传输模式应使用带有控制波形上升和超时功能的发射机。要求波形后缘控制，以确保高频成分降到下载电压斜线始点。剩下的下降时间发生在总线被司机关闭后且由总线负载的RC时间常数决定。

5.3.2 高速通讯模式—高速模式用于当车载网络连接到车外测试的ECU时的数据下载。装配线数据下载传输速率在高速通信模式下达83.333 Kbits/s，该速度取决于连接总线节点的数量（影响网络的时间常数）—见附录C和/或具体的车辆规范。如果使用一个可变的装配线下载比特率方法时，测试仪将能以设定的比特率切换到高速模式之前与所有参与节点进行通讯。

维护工具应特殊设计，使得维护时的高速下载速率始终运行在83.333 Kbits/s固定比特率，以减少服务测试工具的复杂性。见附录C。

高速传输任何报文信息前测试工具必须连接Rtool至总线。Rtool在电控单元上应直接接地。Rtool不得连接到收发器的负载引脚上。负载引脚不是设计来处理通过Rtool高电流的。

高速传输模式可缩短总比特时间和缩短波形上升和下降时间（上升或下降时间应不少于在正常接收器电压阈值水平 V_{ih} 测量的总比特时间的25%）。在5.5中规定的辐射电磁兼容要求在此模式不作要求。总线发射机驱动电路对这些需要在高速模式下通讯的节点，当在此模式下运行时应能减少总线电阻（以减少RC时间常数—见表1）。高速通信应利用正常模式信号电压等级，如在表1中的规定。

所有节点应能在CAN帧计时的高速模式下运行，且当所有节点被下载系统管理器控制时必须进入此模式。正常的进入和离开高速模式顺序如下所示，由下载系统管理器控制显示：

- a. 所有节点都能在正常总线速度下启用
- b. 节点应控制保持清醒或进入睡眠模式
- c. 节点设计作为睡眠型以进入睡眠模式
- d. 下载工具开关控制总线电路至较低工具总线阻值。
- e. 唤醒节点，命令其进入高速模式
- f. 高速交通完成
- g. 唤醒节点，命令其进入正常模式

注释——一旦系统发生误差，在系统指定的时间延迟后所有节点进入高速模式应回到正常的速度模式

- h. 下载工具开关在总线电路之外控制工具总线阻值
- i. 唤醒所有节点，然后以正常总线速度运行

电源启动后节点应在正常模式下初始化，CAN总线被动误差，CAN总线关闭，或运行复位。

表一单线 CAN 总线信号和负载要求

| 参数 | 符号 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 |
|-------------------------------|------------------|------------------|----|-------------------|----|
| ECU 电池电压输出 ⁽¹⁾ | V_{batt} | 6.5 | | 16 | V |
| 补偿唤醒输入高电压阈值 ⁽²⁾⁽³⁾ | $V_{ihWuOffset}$ | $V_{batt} - 4.3$ | | $V_{batt} - 3.25$ | V |
| 补偿唤醒输出高电压 ⁽⁴⁾ | $V_{ohWuOffset}$ | $V_{batt} - 1.6$ | | V_{batt} | V |
| 固定唤醒输入高电压阈值 ⁽²⁾⁽³⁾ | $V_{ihWuFixed}$ | 6.15 | | 8.1 | V |
| 固定唤醒输出高电压 ⁽⁵⁾ | $V_{ohWuFixed}$ | 9.7 | | 12 | V |
| 高速模式和正常模式输出高电压 ⁽⁶⁾ | V_{oh} | 3.5 | | 4.55 | V |

| | | | | | |
|---|-----------------|------|------|------|----------|
| 高速模式和正常模式输入高电压输入阈值 | V_{ih} | 1.8 | | 2.2 | V |
| 正常总线隐性和被动状态低电压 ⁽⁵⁾ | $V_{leaknorm}$ | 0.0 | | 0.25 | V |
| LOG状态下总线隐性或被动状态低电压 ⁽⁵⁾ | $V_{leakLOG}$ | 0.0 | | 0.5 | V |
| 接地补偿电压 | $V_{g\ off}$ | — | | 0.8 | V |
| ECU电池补偿电压 | $V_{b\ off}$ | — | | 1.0 | V |
| EMC自感线圈 (如果需要满足 EMC要求) | L_{ul} | | 47 | | μH |
| EMC DC电感线圈电阻 | R_L | | | 2.25 | Ω |
| EMC电感线圈压降 | V_{ind} | | | 0.3 | V |
| 网络总电阻 ⁽⁷⁾⁽⁸⁾ | R_{tl} | 270 | | 4596 | Ω |
| 设备电容(单元负载) | C_{ul} | 198 | 220 | 242 | pF |
| 设备总电容 ⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾ | C_{tl} | 396 | | 242 | pF |
| 网络时间持续 ⁽¹⁰⁾ | $t_{network}$ | 1.0 | | 4.3 | μs |
| 高速模式网络与接地之间的电阻 | R_{load} | 100 | | | Ω |
| 高速模式工具与接地之间的电阻 | R_{tool} | 171 | 180 | 189 | Ω |
| 设备电阻(单元负载) | R_{ul} | 9009 | 9090 | 9191 | Ω |
| 设备电阻 (最小负载) | R_{min} | 2000 | | | Ω |
| 正常模式信号传输时间— TxD至 $V_{ihmax}+V_{g\ off}$ | $T_{t\ norm}$ | 3.0 | | 6.3 | μs |
| 高速模式信号传输时间— TxD至 $V_{ih\ max}+V_{g\ off}$ | $T_{t\ hs}$ | 0.2 | | 1.5 | μs |
| 高压模式信号传输时间—TxD至 $V_{ihmin}-V_{goff}$ | $T_{t\ hv}$ | | | 12.4 | μs |
| 无接地损失的装置至总线的泄漏电流 | I_{leak} | — | | 10 | μA |
| 有接地损失的装置至总线的泄漏电流 | $I_{leak\ LOG}$ | — | | 50 | μA |
| 设备串联电感线圈电阻(如需要) | R_{ind} | — | | 2.3 | Ω |
| 任意两ECU节点网络距离 | 总线长度 | — | | 60 | m |
| 包括车外测试工具的系统节点数量 | | 2 | | 32 | |

1. V_{batt} 是在ECU的输入电源引脚间测量的。所有电压参照局部ECU接地。
2. 最低收发器输入唤醒电压水平应是最低 $V_{ihWuFixed}$ 或最低 $V_{ihWuFixed}$ 中较小的一个。
3. 收发器的最大输入唤醒电压水平应是最低 $V_{ohWuFixed}$ 或最低 $V_{ohWuOffset}$ 较小的一个。
4. 最低收发器输出唤醒电压水平应是最低 $V_{ohWuFixed}$ 或最低 $V_{ohWuOffset}$ 较小的一个。
5. 总线隐性状态低电压是由于ECU的高驱动器泄漏电流侧(I_{leak})且不包括地面补偿电压($V_{g\ off}$)的补偿。泄漏电流的限制, 应在 $6.5 < V_{batt} < 26.5\ V$ 范围生效 (见5.8和5.3.5.4)。
6. $V_{oh\ wu}$ 值是在ECU的总线引脚间测量的。它包括一个通过直流电感电阻压降的余量 (见5.4.2.3)。
7. 最低网络时间延续和信号转换时间是由EMC要求决定的。如果这些值设置过低, ECU将不会通过所需的EMC测试。见6.1.9中A和B的波形整形的要求。
8. 信号转换时间必须保持, 与总线RC分配无关。
9. 该网络总容量包括ECU电容, 以及总线电容。
10. 该网络的时间常数对应于总线线路电容。最小值的选定为限制辐射发射。最大值的选择以保证在所有通讯模式下合适的通讯, 以及正常操作的情况下所允许的绝对最大值。该系统应设计为在误差条件下一个时间延续不大于5.3微秒。当定义车辆熔断保险时应考虑该设计。并非所有R和C组合的是可以使用的。只有那些符合网络时间延续的R和C组合, 总线长度, 和PCB电容等, 都是可能的。
11. 信号延迟时间在TxD 输入针脚上的 V_{il} 至总线输入/输出针脚 V_{ihMax} 之间测量。其包括内部收发传播延迟和波形上升时间。
12. 信号延迟时间在TxD 输入针脚上的 V_{il} 至有 R_{tool} 显示的总线输入/输出针脚 V_{ihMax} 之间测量。其包括内部收发传播延迟和波形上升时间。

5.3.3 ECU选择性唤醒—该总线包括选择性节点唤醒能力，该能力能使节点之间正常通信同时可使其它节点处于不受干扰的睡眠状态。这是通过控制信号电压达到的，例如，当节点收到较高的电压信息信号波形时，所有节点都必须被唤醒。通讯系统的节点通信信息，即是节点保持运行（唤醒），还有一些节点使自身处于一个不通讯低功耗“睡眠”状态的通信信息。在低功率，正常的电压水平下的通讯，不得干扰处于睡眠状态的节点。串行通信节点供电模式的建议方法应以使用网络的睡眠模式。

高速和高压唤醒功能，不得在同一时间运行。仅在正常的速度模式下要求总线被唤醒。

5.3.4 CAN总线控制器时钟误差—所有运作在单线CAN总线上的节点应利用公差为 $\pm 0.35\%$ 的比特计时时钟的CAN控制器，以确保CAN比特计时同步不得受波形上升和下降时间的影响。见附录A的比特时序分析。

5.3.5 总线电路参数—本节介绍两种可能的驱动和几首单线总线上信号的设备所需要的总线电压水平参数模式。它们为正常的和唤醒模式的通信信号水平。见表1。表1中高电平信号(V_{oh} 、 V_{ih} 、 $V_{oh\ wu}$ 和 $V_{ih\ wu}$)被认为是显性的或驱动到高电压的总线状态。

5.3.5.1 正常模式数据通信传输和接收电压阈值—串行通信应与正常的信号电压等级同时操作，如在表1所示不产生唤醒中断ECU的控制器。

5.3.5.2 高速模式传输和接受信号电压—高速输入阈值和输出信号的电压与正常模式信号是同样的。见表1。

高速和高压唤醒总线信号不得在同一时间被激活。

高速运行显性总线符号，不得超过第5章节规定的该收发器的频宽比，操作电压和温度的要求。（见5.1.11）

5.3.5.3 唤醒信号电压水平—一个特殊的采用高信号电压的高电压通信信号波形，应使用传输唤醒信息的报文帧（见图1）。检测信号电压水平的ECU单元已经超过了滤波的唤醒时间的唤醒的阈值（见表4 $T_{wuDelay}$ ）应使RxD信号传输至电控单元。CAN总线唤醒帧应在标识器或数据字段提供至少三次连续标准速度显性比特时序。该唤醒帧，在高速模式下（见5.3.2）不得发送。虽然 V_{batt} 大于11.65V，正常电压水平下传播的报文信息不得唤醒任何接收ECU单元。

在高唤醒电压水平下传输的报文信息应符合正常比特计时规则，当传输正常模式隐性到显性的电压信号时，以在同一时间达到 V_{oh} 。显性至隐性传输的 T_{thv} 有可能延长到如表1所示的值，由于非驱动后缘和网络时间常数。正常输入阈值 V_{ih} 和 V_{il} 应保持在正常和唤醒模式下不变，以在当 $V_{oh\ wu}$ 水平达到时被作为正常的数据，按照唤醒命令。见表1。

当不在唤醒模式下串行通信时，需要以表1所示的正常信号电压水平操作，不产生唤醒信号或中断ECU的控制器。见表1。

收到唤醒信号的ECU在车辆系统工程师指定的时间内应已经准备好接收数据链路帧。

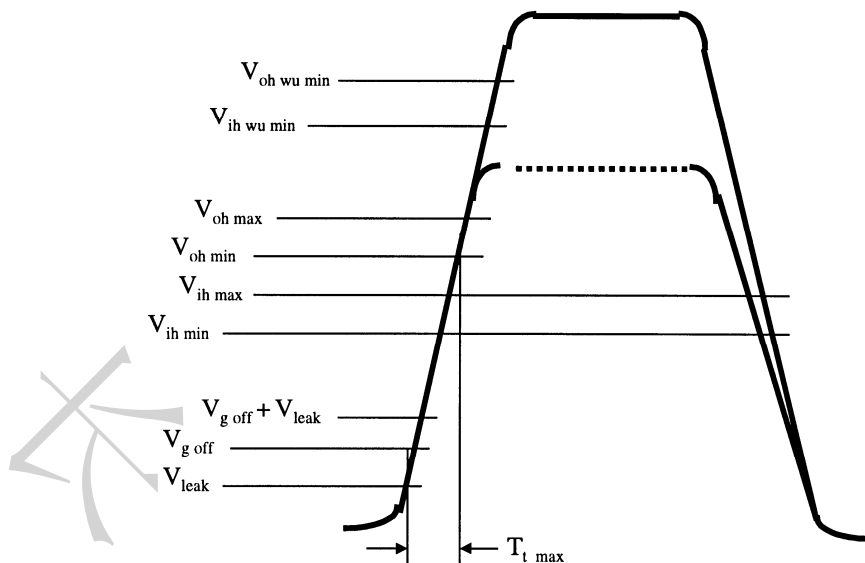


图 1—单线显性比特波形

单线数据链接电压水平和跳闸点:

- $V_{oh_wu_min}$ —唤醒输出高电压—当命令将所有睡眠状态的节点唤醒时的最小保证输出高电压水平。
- $V_{ih_wu_min}$ —唤醒输入高电压—使得接收节点从睡眠模式唤醒的最小保证输入高电压水平。
- V_{oh_max} —正常模式最大输出高电压—最大保证输出电压。这样会确保处于睡眠状态的节点不会被正常数据电压唤醒。
- V_{oh_min} —正常模式最小输出高电压—最小保证输出电压以确保接受节点将解码一个显性数据连接符号。
- V_{ih_min} —正常模式输入高电压—被作为显性数据连接符号解码的最小保证输入电压。
- V_{leak_max} —总线被动状态低电压—当在关闭状态由于收发器总线的引脚泄漏的最大总线电压。
- $V_{g_off_max}$ —由于ECU之间接地线变化最大总线补偿电压。
- T_{t_max} —信号传输时间—数据连接波形的上升和下降时间。

5.3.5.4 总线被动状态电压补偿 (V_{leak})—总线输入/输出电路须在下列限制条件下操作运行:

注—该电路是总线的唯一电流来源。

- 当一个节点处于唤醒状态且总线是在隐性状态, 由节点输出电流提供的绝对最大 V_{leak} 值应如表1所示, 总线负载电阻范围介于 $100 < R_{dl} < 9.19\text{ k}$ 之间。
- 睡眠模式下的接地损失, 该节点的泄漏电流应如表1所示。

c. 在任何节点或总线状态下，任意的具有接地状态损失的节点分配到总线泄漏电流，应如表1中的规定。

5.4 网络拓扑

5.4.1 ECU接地损失—任一单个ECU的接地损失，带或不附带 V_{batt} 损失，应不会造成将正常通信能力丧失的任何总线电压补偿（见表1）。

5.4.1.1 首选接地损失保护方法—这应通过包括在每一个ECU单元接地损失保护电路，当接地损失发生时断开总线至 V_{batt} 的通路完成。

这是首选接地损失保护方法。如在本文档中规定的单线CAN收发器应提供接地通路中断电路。

这种方法包括一个提供电控单元电路的条例，该电路将在ECU接地损失状态是开启ECU接地线路至总线的通路。见图2和3。当发生接地损失故障状态时，该电路不允许ECU超过最大的ECU总线泄漏电流 (V_{leak})。由于这电路将有助于在正常或非故障模式下的总线偏置，它应能降低为ECU选择的总线负载电阻所允许的最大负载电流，而不会造成总线电压增加至超过最大总线偏置电压，在没有任何接地损失的时候。

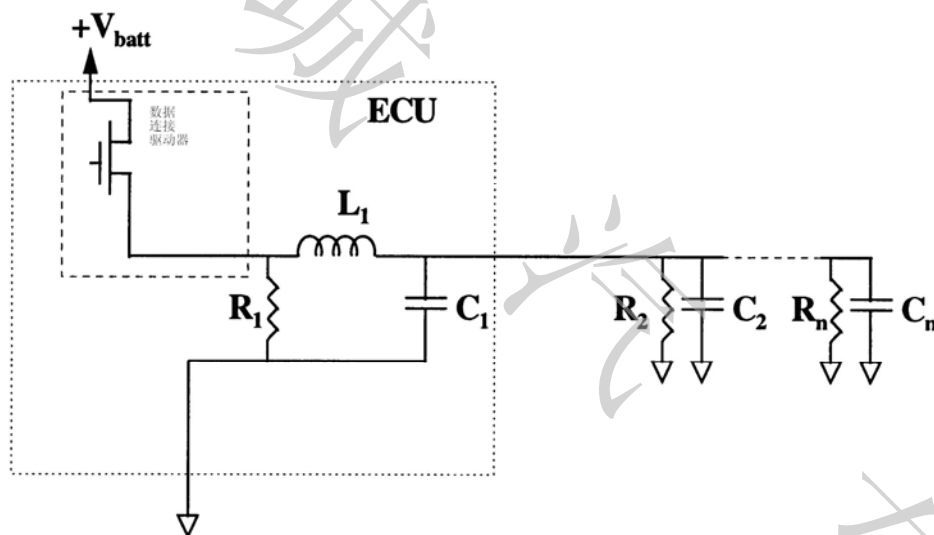


图 2—单线数据链接物理层

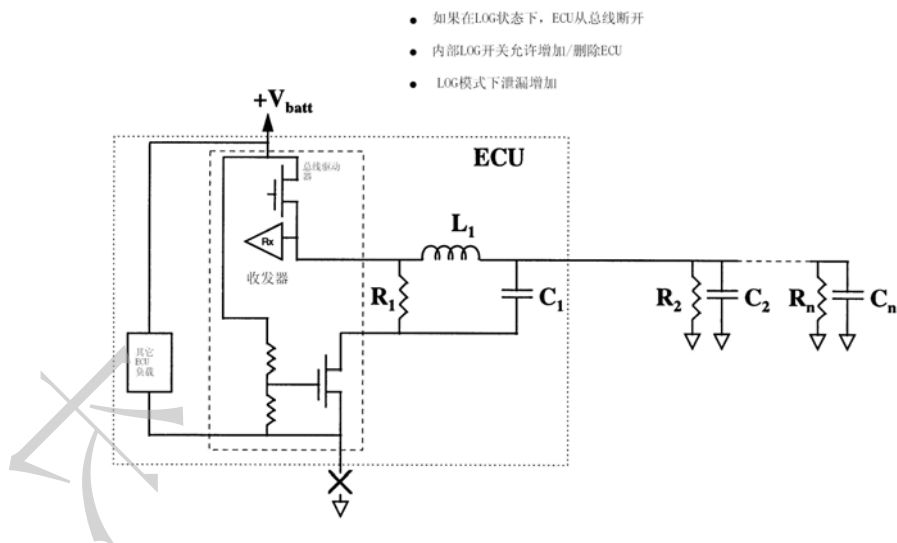


图 3—接地损失保护中断方法

该收发器接地的接地损失保护电路当ECU的接地是完好无损的且ECU是在睡眠模式时不得被中断。要做到这一点，在任何时候当任意串行通信时所有节点应保持收发器 V_{batt} 电压。这是为了确保该单位电阻负载不得从网络时钟电路中移除。

5.4.1.2 替代接地损失保护方法—ECU接地损失造成ECU引起通过不同的ECU电路与通讯总线的 V_{batt} 电压，而不是如图4和图5所示车辆系统接地。等效电路如图5所示。这显示了总线中经历接地损失的电路的电阻影响。这些电路的目标是使 R_{leak} 节点值与其余节点并联等效电阻比较是较高的。这往往使总线电压补偿足够低以避免不断感应的显性高压。总线补偿电压由于节点渗漏（接地通道损失+高侧发射机驱动器关闭状态的泄漏）必须足够低以便允许合理接地补偿电压和信号噪声容限，以使得当总线处于隐性状态时总线低于 V_{ih} 状态。

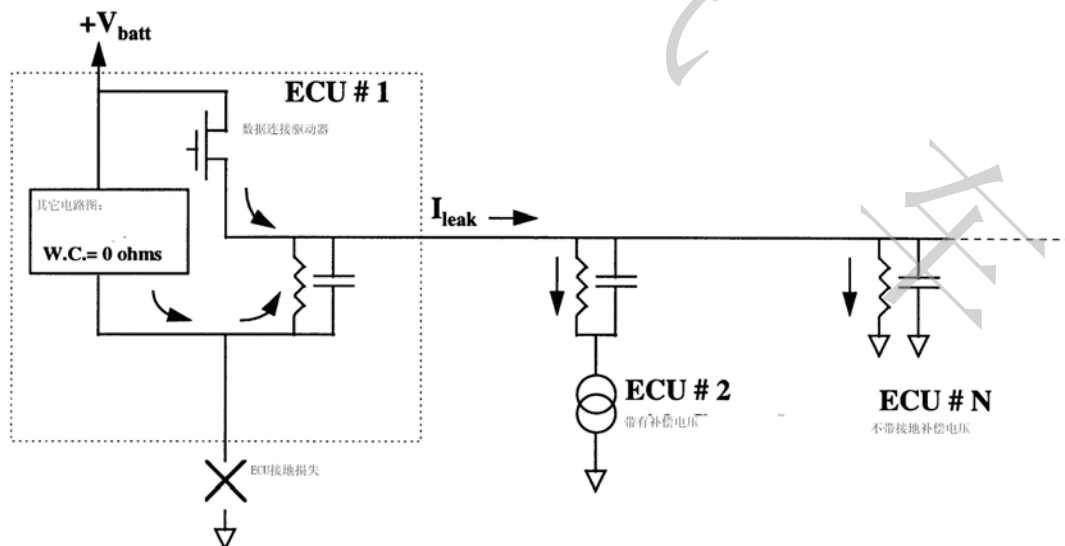


图 4—总线电压补偿来源

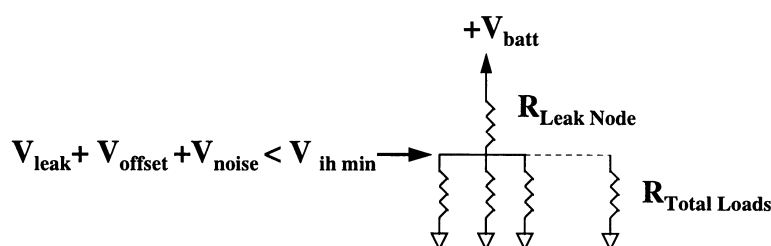


图 5—等效电路接地损失

这些方法不需要接地中断电路，但它们确实需要每辆车配置独特设计，

以确保ECU的接地损失不得妨碍剩余ECU之间的沟通。

a. 所有车辆都要设计足够的ECU单元负载能力，以使得单独ECU接地损失不超过最大允许总线补偿电压，该电压由故障ECU分配的。这样就需要 $R_{total} \ll R_{leak}$ 。当节点不接地时总线噪声容限将减少。

b. 建立一个特殊的基础的或集中的带有可选择的R和C值的总线负载，以在带有较高的电阻值ECU内发生接地损失状态时限制总线补偿电压，须小于最大允许由故障ECU分配到总线的补偿电压。再次要求 $R_{total} \ll R_{leak}$ 。因此，主节点电阻值与任意断开接地的节点相比较应较小。通常指定为一些数量的节点通过并联的电线。N表示最大可能节点的数量。当非主节点断开接地连接总线噪声容限将减少 $1/N$ 。主要总线负载必须有一个富余的或单点的接地电路故障验证。

5.4.2 总线电路负载分配—每一ECU应包含至少一个电容负载设备单元和串联电感（如需要抗EMI干扰）。见图 6。

整个网络等效的最低电阻(R_{tl})和最大电容(C_{tl})，须符合表1规定。

5.4.2.1 电阻器—单元负载电阻应按照表1和图6规定，在最坏的环境情况和电子状态下额定功率适应与最大网络负载。

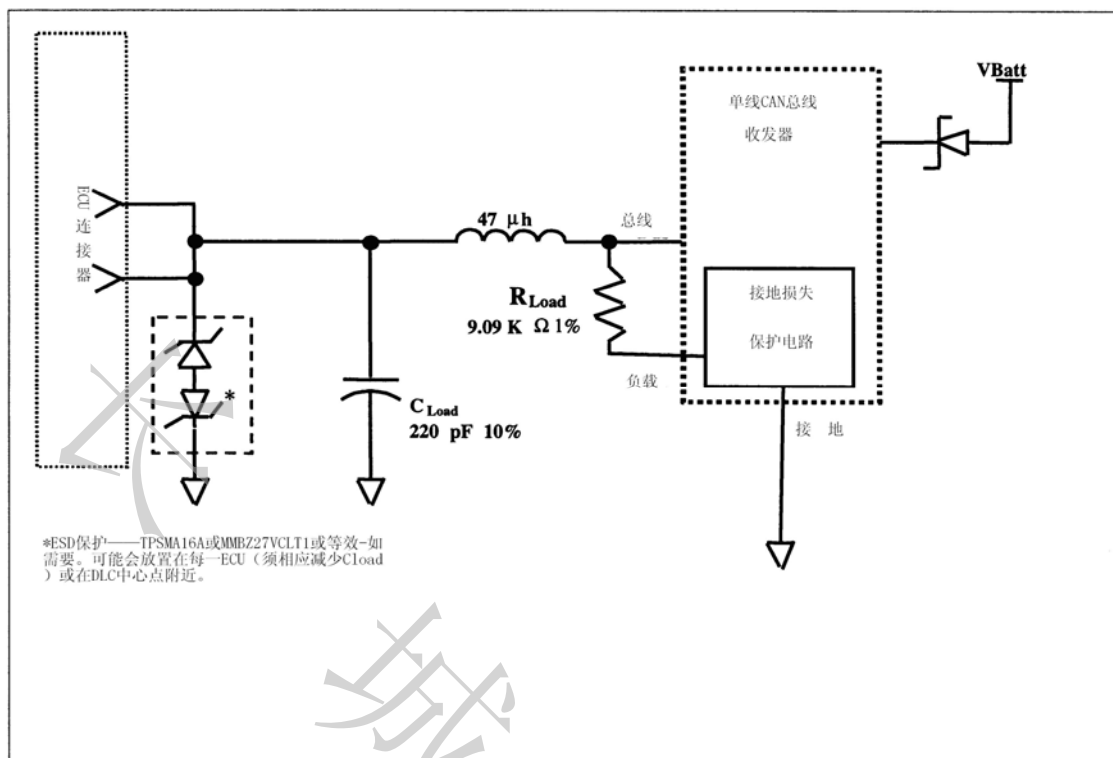


图 6—典型单线CAN总线界面

5.4.2.2 电容器—单元负载电容应按照表1和图6规定，在最坏的环境情况和电子状态下额定功率适应与最大网络负载。

5.4.2.3 电感—如果要求ECU满足电磁干扰易感性的要求，须将一电感器（典型47 H）放置在单线CAN设备和负载电容之间。该电感的直流串联电阻应按照表1的规定。单元负载电感，应按照表1规定，在最坏的环境情况和电子状态下额定功耗适应与最大网络负载。

如果在一个特定的应用下并不需要电感器，建议在PC板上该电感器的位置安装一个零欧姆电阻器，作为以后这些的车辆和收发器可能需要电感器时安装电感器的一种方法。

5.4.3 ESD抗干扰—在受到SAE J1113/13 —静电放电抗扰度试验时，ECU的CAN总线输入/输出引脚应能承受静电放电而ECU不受任何损坏。特殊车辆制造商的ECU组成部分技术规范应阐明设备的临界水平。见5.4.4。如果该组件的技术规范没有具体说明ESD等级，使用表2中所述的等级。

表 2—ECU 静电放电测试水平

| ECU 状态 | 接触 | 空气 (非接触) |
|--------|--------|----------|
| 未通电 | ± 8 kV | ±12 kV |
| 通电 | ± 8 kV | ±15 kV |

5.4.4 ESD 瞬态抑制器—如有必要，如一个瞬态电压抑制器(反向齐纳管)或压敏装

置的电路元件可能被添加到网络中的一个或更多的位置提供ESD保护。然而，当使用这些设备的时候，可能会增加电容或产生电压和/或相应与网络的时间常数的温度变化。当这种装置使用时，不得影响总线电容限制或RC时间常数。见图6。

如果中央的ESD抑制器使用，应该位于或接近诊断链路连接器（大连）和DLC与任意ECU之间。

5.4.5 总线拓扑结构—在数据链路物理介质机械化布线可以下列任何方法执行：

- a. 车辆可以环形，星形，或两者兼有的布线方式。请注意，用于跨平台的ECU，可有如图7所示的两个连接器的引脚以便进行环连接。
- b. 当适用于环形连接时ECU引脚，应相邻且在同一连接器，尽可能短的靠近连接器，并共享EMC和/或负载元件。
- c. 如果使用星形结构，单线CAN中ECU要求只有一个引脚。

单线CAN总线拓扑结构应基于车辆的故障承受能力，可维护性，以及总线的长度要求对每一车辆平台进行定义。每一ECU单线CAN总线电路的第二总线连接器终端允许执行环形配置，虽然它并不需要使用两个终端。只要所有其它单线CAN布线要求得到满足，环形、星形、或环形和星形配置的结合是可以接受的。图7，8和9单线CAN总线拓扑图。

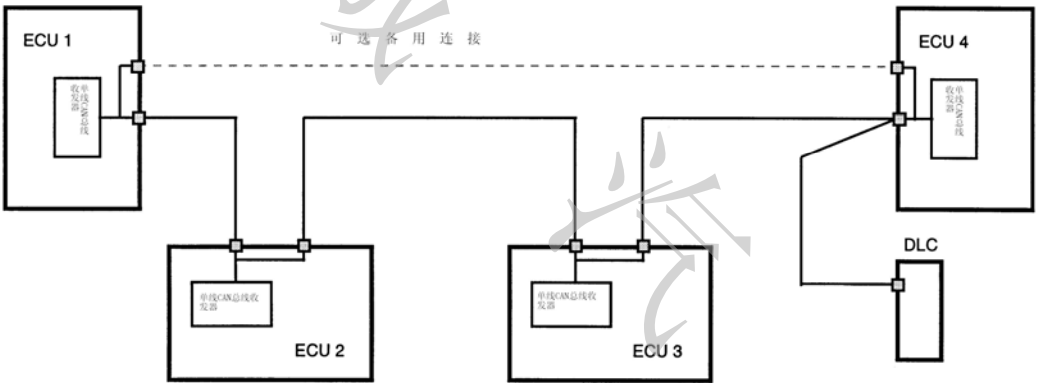


图 7—单线CAN总线环形拓扑结构

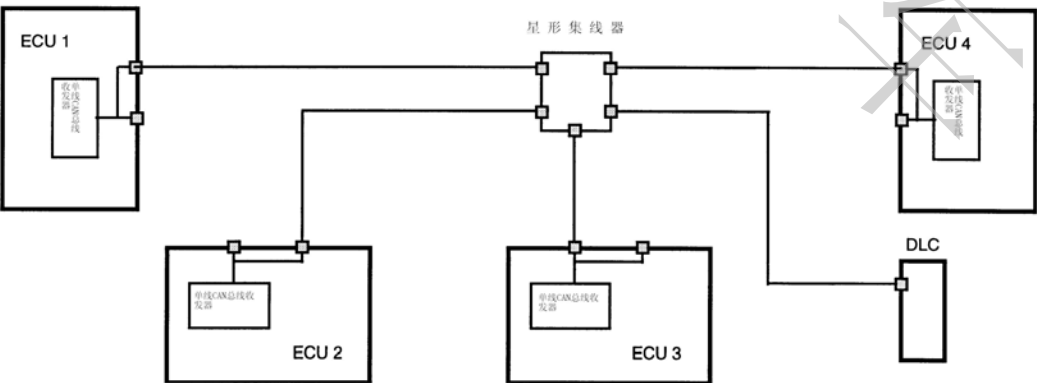


图 8—单线CAN总线星形拓扑结构

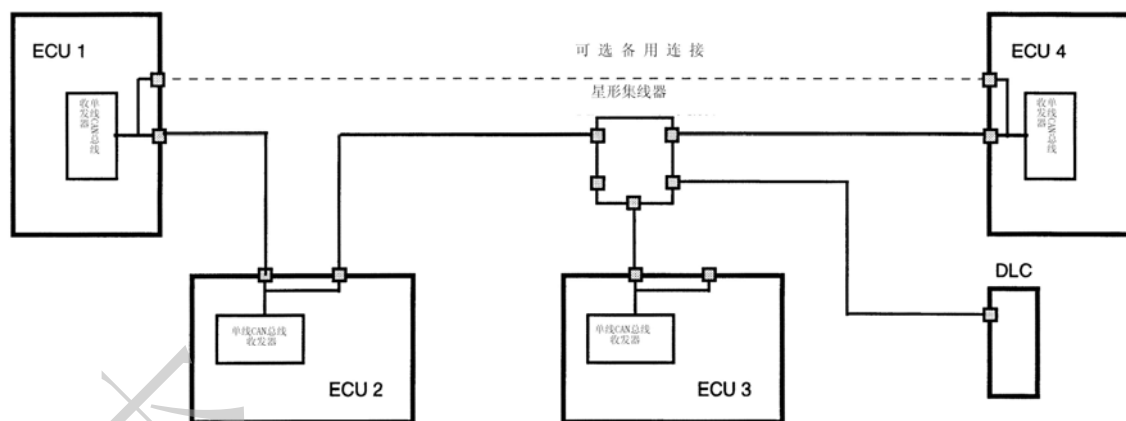


图 9—单线CAN总线星形和环形组合拓扑结构

5.4.6 总线接线约束—车辆网络布线和ECU系统应符合下列限制：

- 总线线路总容量不得致使网络时间常数超出。（见表1 ）。最大总线允许长度是由网络系统中节点的数量和它们的R—C特点所定义。
- 任意两个网络系统电控单元节点间不应超过60米（包括车外维护测试工具），以适应60米内CAN总线比特同步时序要求的每米5纳秒的时间延迟效果。
- 车外维护工具连接线长度不得超过5米。

表3使用最大网络的时间常数，以确定能够被使用做给定数量ECU连接点的最大线路的长度。该最大线路长度取决于系统的时钟误差和系统已经选择的基础负载。在计算这些数字时，曾设想，所有电阻（ 1 % ）和电容器（ 10 % ）是在其最大误差下，线路的电容为90 pF/m和根据PCB线路增加一个补充的100 pF电容。选择一个2.37 K (1%)负载电阻器和一个470 pF (10%)电容器作为主要负载。

根据不同的假设或主要负荷，用户可以计算出自己的表格，只要确保最大的网络时间常数是不受干扰。

表3中电线长度为0表明，在根据系统的最大负荷限制选择主要负载数量情况下，这些节点的数量是不允许的。图10显示了基于车辆的节点数量及其特征的所允许的最长电线长度。图中给出了系统节点时钟的误差，以及主要负载所包含的节点数量。

表 3—车辆节点数量 VS 时钟误差和主要负载数量

| 节点 | 0.20% | 0.20% | 0.20% | 0.35% | 0.35% | 0.35% | 0.50% | 0.50% | 0.50% |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 号 | 0 主要 | 1主要 | 2主要 | 0主要 | 1主要 | 2主要 | 0主要 | 1主要 | 2主要 |
| 2 | 4 | 18 | 33 | 2 | 15 | 28 | 1 | 12 | 23 |
| 3 | 7 | 21 | 35 | 5 | 18 | 30 | 3 | 14 | 24 |
| 4 | 10 | 24 | 38 | 8 | 20 | 33 | 5 | 16 | 26 |
| 5 | 13 | 27 | 41 | 10 | 23 | 35 | 7 | 17 | 28 |
| 6 | 16 | 30 | 44 | 13 | 25 | 37 | 8 | 19 | 30 |

| | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 7 | 19 | 33 | 47 | 15 | 28 | 40 | 10 | 21 | 32 |
| 8 | 22 | 36 | 50 | 18 | 30 | 42 | 12 | 23 | 33 |
| 9 | 25 | 39 | 52 | 20 | 32 | 44 | 14 | 25 | 35 |
| 10 | 28 | 42 | 55 | 22 | 35 | 46 | 16 | 27 | 37 |
| 11 | 31 | 45 | 55 | 25 | 37 | 48 | 18 | 29 | 38 |
| 12 | 34 | 47 | 55 | 27 | 39 | 51 | 20 | 30 | 40 |
| 13 | 37 | 50 | 55 | 30 | 41 | 53 | 22 | 32 | 41 |
| 14 | 40 | 53 | 55 | 32 | 44 | 55 | 23 | 34 | 43 |
| 15 | 43 | 55 | 55 | 34 | 46 | 55 | 25 | 35 | 45 |
| 16 | 45 | 55 | 55 | 37 | 48 | 55 | 27 | 37 | 47 |
| 17 | 48 | 55 | 55 | 39 | 50 | 55 | 29 | 39 | 48 |
| 18 | 51 | 55 | 55 | 41 | 52 | 55 | 30 | 40 | 50 |
| 19 | 53 | 55 | 55 | 43 | 54 | 55 | 32 | 42 | 51 |
| 20 | 55 | 55 | 55 | 45 | 55 | 55 | 34 | 44 | 53 |
| 21 | 55 | 55 | 55 | 48 | 55 | 55 | 35 | 45 | 55 |
| 22 | 55 | 55 | 55 | 50 | 55 | 55 | 37 | 47 | 55 |
| 23 | 55 | 55 | 55 | 52 | 55 | 55 | 38 | 48 | 55 |
| 24 | 55 | 55 | 55 | 54 | 55 | 55 | 39 | 49 | 55 |
| 25 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 41 | 51 | 55 |
| 26 | 55 | 55 | 0 | 55 | 55 | 55 | 43 | 53 | 0 |
| 27 | 55 | 55 | 0 | 55 | 55 | 0 | 45 | 54 | 0 |
| 28 | 55 | 55 | 0 | 55 | 55 | 0 | 47 | 55 | 0 |
| 29 | 55 | 0 | 0 | 55 | 0 | 0 | 48 | 0 | 0 |
| 30 | 55 | 0 | 0 | 55 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 |
| 31 | 55 | 0 | 0 | 55 | 0 | 0 | 51 | 0 | 0 |

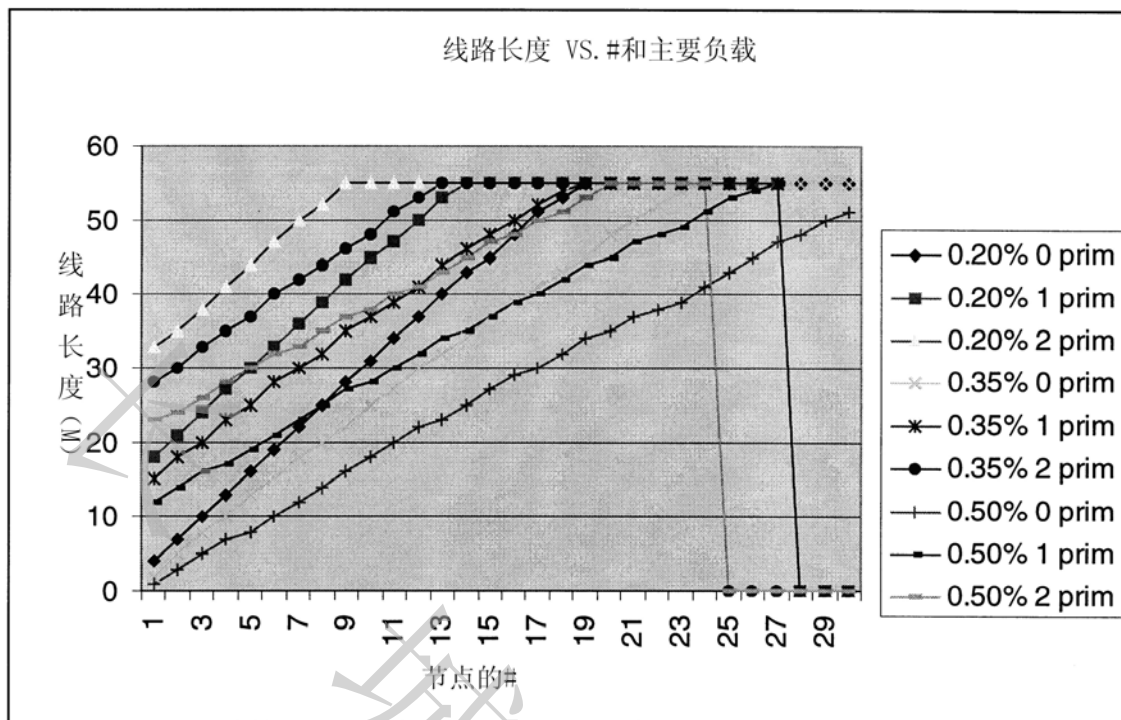


图 10—节点数量/时钟误差/主要负载VS线路长度图

5.4.7 提高EMC性能的总线接线样例

- 避免总线路由信号带有噪声（如喷油器驱动程序）和敏感度（例如，低信号水平传感器，天线馈源）电路。
- 当路由信号在天线或天线放大器附近时，应采取防范措施，以防止这些电路诱导噪声。有源天线附近可能需要屏蔽线。
- 通过定位接近汽车金属接地平面CAN总线线路或与CAN总线线路一起布接地线路以避免线路环线。
- 布置ECU直流电源线回路与总线线路并联。

5.4.8 总线线束和ECU连接器

- 当选择适宜的终端金属镀层时，应考虑线路连接系统所经历的环境条件（温度、湿度、水分和振动），车辆使用寿命的耐受要求，以及终端设计。
- 推荐小于50 m 电阻值，超过车辆整体寿命的连接器。
- 线束和连接器，不得降低任何系统的传输和任何接收节点之间的信号电压。

5.5 EMI 辐射保护—单线CAN总线物理层，当纳入ECU设计时，应起到ECU的既定电磁环境的功用。此外，在单线CAN总线相关操作过程中产生的电磁辐射，不得干扰其它ECU单元或子系统的正常运行。

测试使用SAE的EMC的如下所列测试系列或等效的方法，都可以用来评估和/

或比较单线CAN总线物理层设计的EMC性能。推荐的测试方法包括以下EMC测试规范。

SAE J1113 — 41 — 辐射排放

SAE J1113 — 4 — 辐射电场抗扰度—ECU大量电流注入

SAE J1113 — 27 — 辐射磁场抗扰度—混响方法

利用这些或任何给定的ECU其它验收标准对CAN总线物理层设计进行正式的审定应汽车制造商规定。

5.6 故障误差模式—该网络应符合根据下列故障模式所规定的要求：

a. ECU的功率损耗—在功率损失（或低电压）状态下ECU不得干扰剩余ECU之间的正常通信。在功率恢复时，正常的操作应在由汽车制造商规定的没有任何操作员干预的时间内完成。

b. 总线线路接地短路—网络数据通信可能会中断，但不得对ECU有任何损害，当总线与地面短路时。总线和地面之间网络阻抗小于 50Ω 应视为短接到地面，且继续通讯得不到保障或要求。在排除故障的基础上，恢复正常运行应在由汽车制造商规定的没有任何操作员干预的时间内完成。

c. 总线线路接电池短路—网络数据通信可能会中断，但不得对任何设备造成损害，当总线与电池正极之间的短路电压不到 18 V ($V_{\text{batt}} < 18\text{ V}$)。总线和电池之间网络阻抗小于 50Ω 应视为短接到电池，且继续通讯得不到保障或要求。在排除故障的基础上，恢复正常运行应在由汽车制造商规定的没有任何操作员干预的时间内完成。

d. ECU线路接地损失—当ECU断开接地连接，它也不应妨碍其余ECU的正常通信。ECU应通过开放与总线负载电阻器的接地通路来实施这一保护，当接地损失发生的时候。见5.4.1。

e. 任何单线ECU电路的短路与开路，除电源，接地或串行数据外，不应妨碍以诊断目的的ECU通讯能力。

5.7 接地补偿电压—接地补偿电压受到如表1所规定的ECU限制，必须保持超过 $6.5 < V_{\text{batt}} < 26.5\text{ V}$ 整个范围。

5.8 操作电池电源电压范围

5.8.1 正常电池电压功率运行—除非另有组件技术规范的规定，ECU单元，当在ECU的电源输入引脚测量的ECU的 V_{batt} 电压在 6.5 至 16 V 直流电范围之内，应能够满足本文档中规定的所有要求。ECU应提供 5.5 至 16 V 范围电压的 V_{batt} IC至总线收发器（见6.1.10）。

5.8.2 电池电源过压操作—对于必须在较高的电池电压条件下发出的报文帧，可能需要一些钳位 V_{batt} 方式以允许在 $6.5 < V_{\text{batt ECU}} < 26.5\text{ V}$ 电压下的操作。

a. 隐性状态收发器泄漏电流限制应保持在这一范围内。

b. 在此范围内的任何节点通信不得受到干扰。

- c. 当承受高达 $26.5\text{ V } V_{\text{batt ECU}}$ 电压的时候，ECU单元不得存在永久性的损害。
- d. ECU单元必须限制大于 40 V 和/或持续时间大于10毫秒的 $V_{\text{batt ECU}}$ 的瞬态电压。

5.8.3 低电池电压操作

- a. 对于 $V_{\text{batt ECU}} < 2.5\text{ V}$,总线应是被动（不被显性电压驱动）状态且RxD应非驱动（高）。
- b. 对于 $2.5 < V_{\text{batt ECU}} < 6.5\text{ V}$ ，总线应在如前所述的正常模式或者被动模式下操作。

5.8.4 电池补偿电压—在表1中规定限制的任意ECU电池输入引脚之间的电池补偿电压必须保持超过 $6.5 < V_{\text{batt ECU}} < 26.5\text{ V}$ 整个电压范围。

5.8.5 反向电池阻断二极管—该电池ECU的 $V_{\text{batt ECU}}$ 的输入引脚和收发器的 $V_{\text{batt IC}}$ 输入引脚之间反向阻断二极管压降的应为 $V_{\text{diode}} < 1.0\text{ V}$ 。

5.9 环境要求—ECU的环境要求应在单独的ECU组件技术规范中规定，该规范一般在本文档规定之外。一般情况下，安装在这些ECU上的通信设备的操作温度范围是 -40 至 $+125^{\circ}\text{C}$ 。

6. 单线 CAN 总线收发器规范—当收发器电路的物理层作为一个独立的标准电路进行运作时，它必须符合本章节中的封装规范。替换收发电路条款规定，允许的CAN总线输入/输出和总线负载电路按照如6.1.7和6.1.9规定进行操作。

6.1 收发器引脚描述—提供8引脚或14引脚的小块集成电路封装结构(SOIC)作为收发器，如图11和图12所示。引脚功能描述如下。

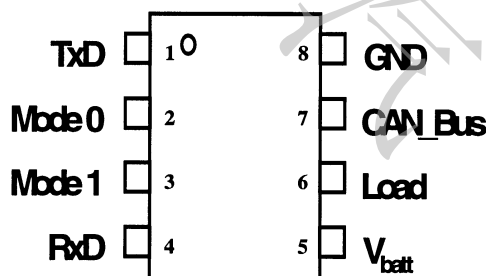


图 11—单线CAN总线收发器小块集成电路封装

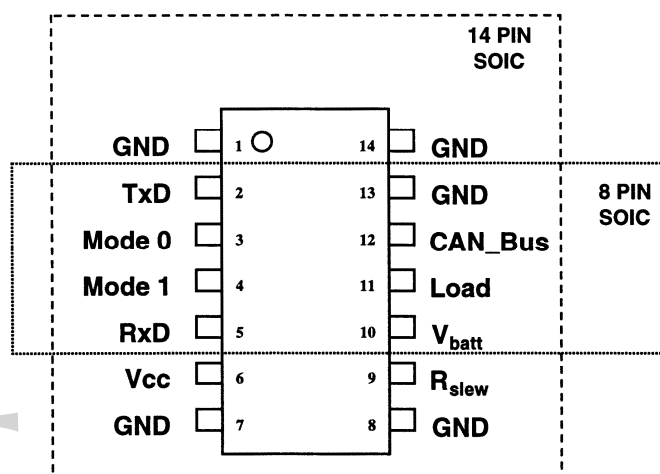


图12—单线 CAN 总线收发器8 引脚或14引脚小块集成电路封装引脚装配

6.1.1 GND 引脚—接地—一些8引脚收发器可能需要额外的PC板表面或接地平面作为热导体，以满足散热要求。见个别收发器供应商，单线CAN总线收发器的规范。

6.1.2 TXD 输入引脚—传输在单线CAN总线上逻辑命令如下：

a. TxD 配极

1. TxD =在该引脚上是逻辑1 (或浮动)应产生一非驱动或隐性总线状态(低总线电压)。

2. TxD =该引脚上的逻辑0应产生总线正常模式或总线高电压显性状态，取决于收发器模式状态（高总线电压）。

3. 如果TxD引脚驱动至逻辑低电平状态，而模式0,1引脚在0,0或睡眠状态，收发器不得驱动CAN总线引脚至显性状态。

b. 对于不限制足以防止闭锁的输入电流的收发器，ECU单元应提供一较弱的（约10 k Ω ）TxD引脚上外部插拔Vcc电阻器，当TxD不被驱动时将导致收发器至默认的总线隐性状态。

c. TxD输入信号应使用标准CMOS逻辑电平：

1. $V_{il\ max} < 1.6\ V$

2. $V_{ih\ min} > 3.4\ V$

6.1.3 模式0和模式1输入引脚—模式0和模式1引脚用来选择收发操作模式：

a. 模式0 = 0，模式1 = 0—睡眠模式。收发器是在低功率状态，等待通过高电压信号或引脚模式改变至任意除0,0以外的状态的唤醒。在这种状态下，CAN总线的引脚不得为显性模式，不论TxD针脚的状态。见6.1.4 。

b. 模式0 = 1，模式1 = 0。高速模式。

c. 模式0 = 0，模式1 = 1。传输高电压信号唤醒远程节点。

d. 模式0 = 1，模式1 = 1 。正常速度和信号电压模式。

e. 该收发器对每个引脚提供一个较弱的内部收缩的接地电阻，当不被驱动的时候将造成收发器默认为睡眠模式。

f. 模式0,1输入信号应是标准的CMOS逻辑水平:

g. $V_{il\ max} < 1.6\ V$

h. $V_{ih\ min} > 3.4\ V$

6.1.4 RXD 输出引脚—单线CAN总线上逻辑数据感应

a. RXD 配极

1. RXD = 在此引脚逻辑1应说明总线处于隐性状态（低总线电压）。

2. RXD = 在此引脚上逻辑0应说明总线正常模式或高电压模式的总线显性状态。

b. RXD 在睡眠模式

1. RXD在睡眠模式下不得通过接收信号至微型处理器，直到一个有效唤醒总线电压水平被接受到或者模式0,1引脚不是分别对应0,0。当有效唤醒总线电压信号唤醒收发器时，它应传输这些信号至RXD引脚。但是，如果模式0和1引脚都在逻辑0时，当被唤醒的总线电压信号不被显示时，收发器应回到睡眠状态。

2. 当不处于睡眠模式时候所有有效总线信号会从RXD引脚发出。

3. 当进入休眠状态时RXD将被放置在非驱动或关闭状态。

c. RXD 在睡眠模式进行操作

1. RXD在睡眠模式下不得通过接收信号至微型处理器，除非一个从隐性状态传输至一个有效唤醒总线电压被接受到或者模式0,1引脚不是分别对应0,0。当有效唤醒总线电压信号唤醒收发器时，它应传输这些信号至RXD引脚。但是，如果模式0和1引脚都在逻辑0时，收发器应回到睡眠状态不快于150 ms且不迟于1 s。

2. 当不处于睡眠模式的时候,所有有效总线信号将从RXD引脚发出。

3. 当进入休眠状态时RXD将被放置在非驱动或关闭状态。

d. RXD是一个漏极开路（或集电极）输出，在当退出到 V_{cc} 应保持输出电压在2.0 mA时最小 $V_{ol} (V_{sat}) < 0.4\ V$ 。如果收发器将与外部负载电阻一起操作时，其还可以提供一个内部主动负载。

e. RXD 典型负载。

a. 电阻值: 2.7 k

b. 电容值: $< 25\ pF$

6.1.5 V_{CCIC} 输入引脚 = $+5\ V \pm 5\%$ —收发器总 $V_{batt} + V_{cc}$ 静止电流 ($I_Q = I_{batt} + I_{cc}$) 处于睡眠模式应不得超过 最大 I_Q 如表4中所示。

当 V_{cc} 不在规定的范围内,总线应为被动(不被显性驱动)且RXD 应非驱动 (高), 无论TXD 引脚所处的状态。

6.1.6 R_{SLEW} 输入引脚—波形转换控制电阻— R_{slew} 应通过一系列控制电阻（与收发器

制造商所指定电阻值—典型 R_{slew} 值=100 k 按照如6.1.9规定的波形斜率值) 外部提升至 V_{cc} 。

6.1.7 总线负载输入针脚—带有内部开路接地损失保护电阻器接地

- a. 当ECU的经历接地损失的状态时, 该针脚应切换到高阻抗状态。
- b. 该针脚的接地连接不得被任何收发操作模式, 包括睡眠模式打断。接地连接仅在当处于一个有效的接地损失状态时才可中断。
- c. 该针脚通常应提供带有接地通路的总线负载电阻, 其对总线补偿电压的贡献小于0.1 V, 当在一个电源负载电阻通过最大电流的时候。
- d. 该收发器从负载引脚的最大总线泄漏电流对 V_{ol} 的贡献, 当接地损失状态是50 μA 时超过所有工作温度和 $3.5 < V_{\text{batt}} < 16 \text{ V}$ 。

6.1.8 $V_{\text{batt IC}}$ 输入针脚—车辆电池电压

- a. 该收发器应按照表4中所描述范围 $5.5 < V_{\text{batt IC}} < 16 \text{ V}$ 全面运作, 该范围在GND和该针脚之间测得。
- b. 对于 $V_{\text{batt IC}} < 2.5 \text{ V}$, 总线应为被动(不被显性驱动)状态且 RxD 为非驱动(高), 无论 TxD 针脚处于何种状态。
- c. 对于 $2.5 < V_{\text{batt IC}} < 5.5 \text{ V}$, 总线可在正常模式下操作也可在如前文定义的被动总线模式下操作。
- d. 该收发器应如表4所示正常运转或保持被动状态 (即, 不得干扰正常通信) 当 $V_{\text{batt IC}} > 16 \text{ V}$ 时。
- e. 该收发器电池电流应在睡眠模式应小于100微安。
- f. 在收发器 V_{batt} 针脚, 最多至40 V瞬态10秒甩负荷情况不得致使收发器损坏。瞬态电压大于40 V应被ECU钳位。
- g. 收发器总 $V_{\text{batt}} + V_{\text{cc}}$ 静止电流处于睡眠模式应不得超过最大 I_{Q} 如表4中所示。

6.1.9 CAN总线输入/输出针脚

- a. 正常模式下的波形调整—波整形与发射器协调工作, 以降低EMI辐射。作出重要贡献, 对排放来说最重要的一部分是在量是电压波形的“拐角”处的上升和下降时间的输出传输。合成波形应为频率50至65千赫的正弦波上升波形边缘的二分之一和正弦波在下降或后缘的四分之一 (波形应在比特保持时间的非驱动状态)。这意味着, 波形上升和下降时间至少应为3.5毫秒, 在每一 V_{oh} 点的10%和90%之间测量。波形应保持在恒定 V_{oh} 点 (或 $V_{\text{oh wu}}$) 上升和下降的边缘之间。
- b. 高速模式下波整形—在高速模式下上升和下降波形边缘的波整形控制应禁用。在该模式下要求EMI辐射延时。在此模式下波形的上升时间应小于1微秒。
- c. 短路电路—如果在任何持续时间内CAN总线引脚接地短路, 在当前模具温度超过损害极限阈值之前, 一个超温度关闭电路应使得驱动器输出高压侧源晶体管失效。输出晶体管应保持锁存, 直到当前模具温度达到10—15 $^{\circ}\text{C}$ 的锁存关闭温度

以下。

d. 泄漏—在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} < \text{环境温度} < 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内该针脚不得发出超过10微安的电流。见5.8.4和5.3.5.4 。

e. 收发器总线接口信号和装载要求—见表4 。

表 4—收发器总线接口信号和负载要求

| 参数 | 符号 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 |
|--|-------------------------------------|-----------------------|----|------------------------|---------------|
| 收发器电池电压 ⁽¹⁾ | $V_{\text{batt IC}}$ | 5.5 | | 16 | V |
| 补偿唤醒输入高电压阈值 ⁽²⁾⁽³⁾ | $V_{\text{ihWuOffset}}$ | $V_{\text{batt}}-4.3$ | | $V_{\text{batt}}-3.25$ | V |
| 补偿唤醒输出高电压阈值 ⁽⁴⁾ | $V_{\text{ohwu offset}}$ | $V_{\text{batt}}-1.5$ | | V_{batt} | V |
| 固定唤醒输入高电压阈值 ⁽²⁾⁽³⁾ | $V_{\text{ihWuFixed}}$ | 6.15 | | 8.1 | V |
| 固定唤醒输出高电压阈值 ⁽⁴⁾ | $V_{\text{ohWuFixed}}$ | 9.8 | | 12 | V |
| 高速和正常模式输入高电压 | V_{oh} | 3.6 | | 4.55 | V |
| 高速和正常模式输入高电压输入阈值 | V_{ih} | 1.8 | | 2.2 | V |
| 正常总线隐性或被动状态低电压 ⁽⁴⁾ | $V_{\text{leaknorm}}/V_{\text{ol}}$ | 0.0 | | 0.25 | V |
| LOG状态下总线隐性或被动状态低电压 ⁽⁵⁾ | $V_{\text{leakLOG}}/V_{\text{ol}}$ | 0.0 | | 0.5 | V |
| LOG 开关电压(正常模式) | $V_{\text{LOG norm}}$ | | | 0.1 | V |
| LOG 开关电压 (电池损失) | $V_{\text{LOG err}}$ | | | 1 | V |
| 接地补偿电压 | $V_{\text{g off}}$ | | | 0.8 | V |
| 收发器ECU电池补偿电压 | $V_{\text{b off}}$ | | | 1.0 | V |
| 装置电阻 (最小负载) | R_{min} | 2000 | | | Ω |
| 网络总电阻 | R_{tl} | 270 | | 4596 | Ω |
| 网络总电容 | C_{tl} | 396 | | 13700 | pF |
| 高速模式网络接地总电阻 | R_{load} | 100 | | | Ω |
| 正常模式信号传输时间 | $T_{\text{t norm}}$ | 3.0 | | 6.3 | μs |
| 正常模式接受延迟时间 | $R_{\text{t norm}}$ | 0.3 | | 1.0 | μs |
| 高速模式信号传输时间 | $T_{\text{t hs}}$ | 0.2 | | 1.5 | μs |
| 高速模式接受延迟时间 | $R_{\text{t hs}}$ | 0.2 | | 0.7 | μs |
| 高电压模式信号传输时间 — $T_{\text{x}}\text{D}$ 至 V_{ihmin} — V_{goff} | $T_{\text{t hv}}$ | | | 12.4 | μs |
| 收发器与无接地损失总线间泄漏电流 | I_{leak} | — | | 10 | μA |
| 收发器与总线间泄漏电流(一个节点具有接 | $I_{\text{leak LOG}}$ | — | | 50 | μA |

| | | | | | |
|--|---------------------------|---|--|-----|---------|
| 地损失) | | | | | |
| 收发器 $V_{batt} + V_{cc}$ 静态电流睡眠模式Vbus <1.5 V | $I_Q = I_{batt} + I_{cc}$ | | | 100 | μA |
| 收发器 $V_{batt} + V_{cc}$ 静态电流睡眠模式Vbus >1.5 V | $I_Q = I_{batt} + I_{cc}$ | | | 1 | mA |
| 唤醒过滤时间延迟 | $T_{wuDelay}$ | 5 | | 70 | μs |

1. V_{batt} 是在ECU的输入电源引脚间测量的。所有电压参照局部ECU接地。
2. 最低收发器输入唤醒电压水平应是最低 $V_{ihWuFixed}$ 或最低 $V_{ihWuFixed}$ 中较小的一个。
3. 收发器的最大输入唤醒电压水平应是最低 $V_{ohWuFixed}$ 或最低 $V_{ohWuOffset}$ 较小的一个。
4. 最低收发器输出唤醒电压水平应是最低 $V_{ohWuFixed}$ 或最低 $V_{ohWuOffset}$ 较小的一个。
5. 总线隐性状态低电压是由于ECU的高驱动器泄漏电流侧(I_{leak})且不包括地面补偿电压($V_{g off}$)的补偿。泄漏电流的限制, 应在 $6.5 < V_{batt} < 26.5$ V范围生效 (见5.8和5.3.5.4)。

6.1.10 瞬态操作条件—传输频宽比:

假设每个比特—隐性到显性（低到高）或显性至隐性（高向低）的一个传输。在正常模式比特计时为 $30\mu s/bit$ 和高速模式下 $12\mu s/bit$ 。假设在任意帧传输过程中50%的比特频宽比传送为准时。下面的频宽比要求适用于所有电源和环境条件，另有指明的除外。可能需要一些8引脚收发器补充的PC板表面或接地平面作为热导体，以满足散热要求。见个别供应商单线CAN总线收发器的规格。见表1的总线负载和电压范围详细情况描述。

a. 高速模式操作要求

1. 诊断工具—必须以75%的永久比特频宽比的高速模式传输帧。该工具可利用下列特殊操作条件修改： $9V \leq V_{batt} \leq 12.6$ V和 $-40^\circ C < \text{环境温度} < +85^\circ C$ 。

2. 车辆ECU—在连续帧传输过程中，必须以50%的比特频宽比的高速模式传输至少1秒。经过1秒后，一个超温关闭电路可能会使得输出高压侧驱动器源晶体管失效，在当前位置模具温度超过损害极限之前。输出晶体管应保持锁存关闭5秒以允许单签位置模具温度达到10至 $30^\circ C$ 锁存关闭以下的温度。

3. 车辆ECU应能永久传输50%的比特频宽比帧，该帧同时能被最大可能总线通道帧的10%频宽传送。

b. 正常速度模式操作必须传输50%比特频宽比的帧和永久传输100%频宽比的帧。

c. 高电压模式须传输50%比特频宽比的帧1秒和永久传输100%频宽比的帧。

6.1.11 收发器模式转换

a. 该收发器应进行模式更改而不致造成损坏，不论总线的状态或活动或TxD上的针脚—除非在总线唤醒高电压条件下有将模式改变睡眠模式的企图。在这种情况下，收发器应继续留在的清醒状态，直到唤醒电压等级不在总线上存在。

b. 微处理器的责任是管理任意系统或ECU的相关模式的变化和保证模式的变化发生在帧之间的效果。

c. 允许改变收发操作模式的时间是：

$t < 30 \mu s$ 正常与高速或高电压模式之间的切换

$t < 30 \mu s$ 高速或高电压模式到正常模式的转换

$t < 500 \mu s$ 当从正常模式转换到睡眠模式

$t < 50 \mu s$ 当睡眠模式转换成正常模式

d. 这是收发器的责任，以确保在模式变化后：

1. 没有锁定或永久性的损害发生

2. 在完成变更后到正常模式下，没有转换唤醒信号将发生

6.1.12 收发器最大传播延迟

a. 发射延迟—在标准速度模式下发射机延迟不得小于6.3微秒，在高速模式下不得小于1.5微秒，当TxD输入逻辑高水平90%至 $V_{ih\ max} + V_{g\ off}$ 时测量， $V_{ih\ max} + V_{g\ off}$ 在收发器CAN总线输入/输出引脚之间测量，以最坏的情况下硅和总线负载组件误差。

b. 接受延迟—接收延迟在标准速模式应小于1微秒，在高速模式下小于0.7微秒，在收发器CAN总线输入 /输出引脚之间，从正常电压水平 $V_{ih\ max}$ 总线显性边缘至以最坏的情况下温度和 V_{batt} 的RxD输出逻辑低波形的90%。

6.1.13 收发器静电放电抗干扰能力—收发器应承受表5中规定的至延伸至ECU外部连接器的引脚静电放电，例如 V_{batt} ，负载，CAN总线，当受SAE J1113 — 13测试时，收发器没有任何损坏。

表 5—收发器 ESD 测试等级

| 收发器 | | |
|-----|-------------|-------------|
| 状态 | 接触 | 空气 (非接触) |
| 未通电 | $\pm 4\ KV$ | $\pm 4\ KV$ |
| 通电 | $\pm 4\ KV$ | $\pm 4\ KV$ |

7. 验证—按照汽车制造商规定，ECU须通过网络功能性能检验测试。环境和其它要求，应在汽车制造商引用本文档的部件技术标准中指定出。

在车辆制造商的盐雾和偏离湿度加速寿命试验后，ECU的供应商须验证CAN总线引脚和 V_{batt} 引脚之间的阻值应大于500 k 。

由SAE车辆网络多路传输和数据通讯标准协会单线CAN 总线特别工作组制定

附录 A

单线CAN总线比特时序分析

A.1 CAN比特时序分析给出如下，使用表A1定义适当的CAN计数器操作误差的最高单线CAN总线系统允许延迟时间。节点只有在隐性状态至显性波形边缘上时必须同步。考虑三个节点通信系统的CAN帧（见图A1）。当节点A在总线的一个终端正在被传输且所有节点经受破坏隐性比特填充的噪声时是最坏计时情况。节点A，B，和C随着隐性误差帧限定器各产生6位时间显性误差标记。CAN总线节点必须在最近的隐性到显性比特时间同步之后看到一个隐性的第13比特位，以便推进正确的误差计数器。当在第13比特位采样时节点A和C不能见节点B延迟的显性误差帧的传输。

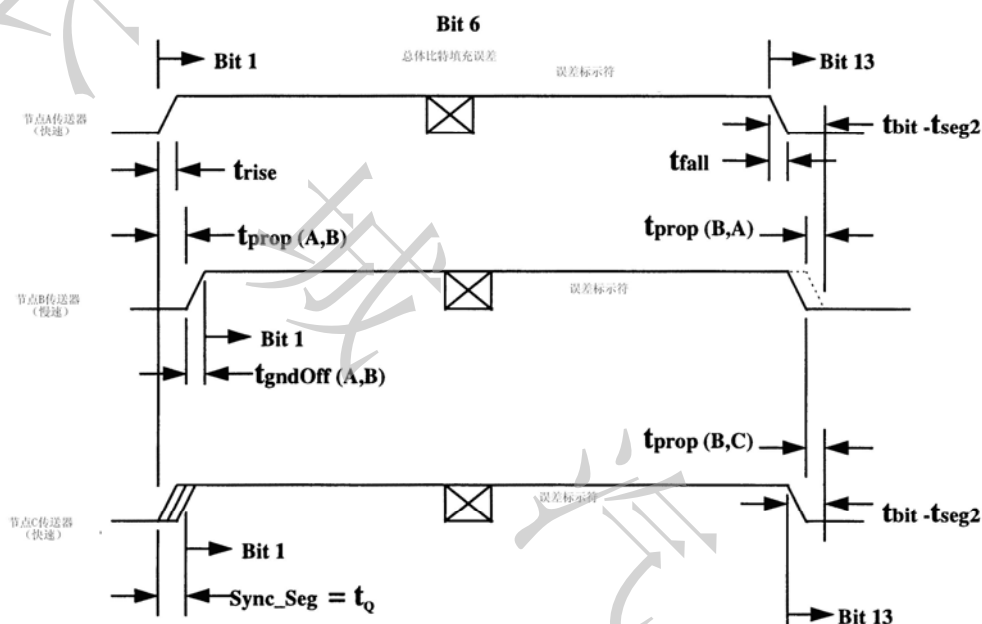


图 A1—三节点整体比特填充误差最差计时情况

方程1取自SAE的文件# 970295（公式18）。方程1是用于确定可以承受的和仍然与最近的波形上升边缘保持同步的最大延迟。如单线CAN总线，方程18的 t_{PROP} 必须包括CAN控制器和收发器传输传播延迟加上波形上升时间，接地补偿电压延迟影响，两个媒介传播延迟和控制器加上收发器接收延迟。在波形以指定的回转率回转上升的时间时，需要接地补偿电压来克服几点A传送器的最大允许电压0.8V。这个总的延迟必须小于根据时钟误差的变化不同比特采样点的积累。

方程1下面有两个计算样本—为33.333字节/秒和83.333字节/秒。可以看出，使用表A1中的值，允许的延迟符合方程式且方程式满足0.1%的时钟误差变化，以40字节/秒速率。结果显示，最大延迟小于右侧方程1需要，因此，不应该有任何同步问题。要求附加的边界条件，以便允许更多的附加 t_{TXFall} 在高压唤醒模式，以防止总线故障。

$$\text{SAE \#970295 公式 18:最大延时} \rightarrow t_{PropMax} < t_{bit} - t_{seg2} - F(25 t_{bit} - t_Q - t_{seg2}) -$$

t_Q

$$t_{TxRiseDelay} + t_{prop} + t_{RxDelay} + t_{TxFall} + t_{prop} + t_{RxDelay} + t_{ChokeDelay}$$

$$t_{bit} - t_{seg\ 2} - f_{25} t_{bit} - t_Q - t_{seg\ 2} - t_Q (\text{公式. A1})$$

例 1—33.333 kb/s $6.3 + 0.2 + 1 + 6.3 + 0.2 + 1 + 0.3 = 15.3\ \mu s \leq 21.4\ \mu s$

例 2—33.333 kb/s (唤醒) $6.3 + 0.2 + 1 + 12.4 + 0.2 + 1 + 0.3 = 21.4\ \mu s \leq 21.4\ \mu s$

例 3—83.333 kb/s $1.5 + 0.2 + 0.7 + 1.5 + 0.2 + 0.7 + 0.3 = 5.1\ \mu s \leq 7.96\ \mu s$

表 A1—单线 CAN总线比特时序参数

| | 33.333 kb/s | 83.333 kb/s |
|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 比特时序 t_{bit} | 30 μs | 12 μs |
| Crystal (例) | 8.00 MHz | 8.00 MHz |
| 时钟误差 Df | $\pm 0.35\%$ | $\pm 0.35\%$ |
| t_Q (例) | 2.0 μs | 1.0 μs |
| T_{SEG1} (例) | 11 (12 tq) | 8 (9 tq) |
| T_{SEG2} (例) | 1 (2 tq) | 1 (2 tq) |
| $t_{seg\ 1} + t_Q$ | 26.0 μs (86.7% 比特时间) | 10.0 μs (83.33% 比特时间) |
| $t_{seg\ 2}$ | 4.0 μs (13.3% 比特时间) | 2.0 μs (16.67% 比特时间) |
| t_{SJW} | $2\ t_Q \leq t_{seg\ 2} = 4.0\ \mu s$ | $2\ t_Q \leq t_{seg\ 2} = 2.0\ \mu s$ |
| t_{prop} | 0.3 μs (60 m 单线) | 0.3 μs (60 m 单线) |
| t_{xFall} | 6.3 μs (12.4 μs HVWU) | 1.5 μs |
| t_{xRise} (包括 $t_{GNDOffset}$) | 6.3 μs | 1.5 μs |
| $t_{RxDelay}$ | 1 μs | 0.7 μs |

附录 B

单线 CAN总线高速模式分析

B.1 单线CAN总线高速模式根据连接节点的数量可以在不同的最高比特率下运行。连接到总线的工具电阻以及这个与剩余电阻结合使总线的电阻随着节点的增加而减少。

然而，由于该工具电阻，总线电阻不会与总的总线电容以同样的速度改变，随着节点的增加，高速总线上的RC时间的连续会增加。随着节点数的增加这个结果的最高比特率有所下降。

高速工具和车辆节点可被编程以根据一些附加节点或可以根据工具预计将遇到的最大数目节点固定高速模式，调整高速比特率。为了尽量减少高速运行模式中工具和车辆的ECU必须适应的扩散，高速模式固定为83.333kbits/s，该速度对应32节点总线负载中的最高允许速度。

在33.333Kbits/s和83.333Kbits/s速率下运行一个计算安装的CAN控制器例子显示如下。参考英特尔82527和/或飞利浦SJA1000数据表（其它CAN控制器供应商使用类似的方法）： $\text{CAN 总线频率} = \text{XTAL} / [(\text{DSC} + 1) \times (\text{BRP} + 1) \times (3 + \text{TSEG1} + \text{TSEG2})]$ (公式B1)

式中:

CAN总线频率单位bits/秒

XTAL = CAN 定时振荡器频率

DSC = 划分系统时钟 (0 或 1 – 分别用1或2划分 XTAL)

BRP = 波特率预换算装置 (0 ~ 63)

TSEG1 = 2 至 15 – 设置比特采样点

TSEG2 = 1 至 7 – 在采样点后设置比特保留时间

注意在 CAN 2.0 规范中,PROP_SEG + PHASE_SEG1 对应与 TSEG1 和 PHASE_SEG2 对应于TSEG2。

对于低比特率和高速比特率，CAN控制器配置和振荡器的频率取决于以下条件/方程：

XTAL / 低比特率 和 XTAL / 高速比特率) 都必须是整数 (公式 B2)

TSEG1 + TSEG2 + 2 必须有公式 B2中的结果因素 (公式 B3)

一旦符合这两种条件,DSC 和 BRP 的值可由公式B1计算出来。

示例解决方案:

设置低速比特率 LSBR = 33 333 bits/s

设置高速比特率 HSBP = 83 333 bits/s

XTAL 选 8 MHz

$XTAL / LSBR = 240$ (整数)

$XTAL / HSBR = 96$ (整数r)

Low speed:

If:

TSEG1由 11 (12 -1) 选出

TSEG2 由 1 (2 - 1)选出

该式给出 $tseg1 = 86.7\%$ 比特时间和 $tseg2 = 13.3\%$ 比特时间

then:

$TSEG1 + TSEG2 + 3 = 15$ =每比特的总时间量

两种条件都满足且DSC 和 BRP能通过公式B1计算出。

For low speed:

DSC = 0

BRP = 15

or

DSC = 1

BRP = 7

High speed:

if:

TSEG1由 8 (9 -1)选出 TSEG2由 1 (2 - 1)选出

给定的 $tseg1 = 83.33\%$ 比特时间和 $tseg2 = 16.67\%$ 比特时间

then:

$TSEG1 + TSEG2 + 3 = 12$ =每比特的总时间量

两种条件都满足且DSC 和 BRP能通过公式B1计算出。

For high speed:

DSC = 0

BRP = 7

or

DSC = 1

所有连接到单线CAN网络的节点必须保持它们的采样点在其比特时序的80%范围内。

这意味着，可接受的使网络正常运作的CAN时钟频率tQ和tSEG设置将受限。一些可接受的时钟频率样例及其相关计算的CAN总线比特设置如表B1所示。其它规定可能需要仔细的分析。

表 B1 定义33.333 kb/s速率下适应的比特时序设置，包括对including the

recommended controller settings for TSEG1 和对最小tSEG2 TSEG2 的推荐控制器设置。

表 B1—33.333 KB/S速率下比特设置

| t_q | T_{SJW} | $T_{SEG2min}$ | $T_{SEG2max}$ | TSEG1 | TSEG2 |
|-------------|-------------|---------------|---------------|-------|-------|
| 1.5 μs | 4.5 μs | 4.5 μs | 4.5 μs | 15 | 2 |
| 2.0 μs | 4.0 μs | 4.0 μs | 4.0 μs | 11 | 1 |

一些可接受例子的时钟频率及其相关计算的CAN波特率设置列于表B2中。其它设置需进行仔细分析。

表 B2—33.333 kb/s速率下时钟分配器设置, $t_q = 1.5 \mu s$

| F_{xtal} (MHz) | t_q (μs) | DSC | BRP (dec) |
|---------------------|----------------------|-----|--------------|
| 2 | 1.5 | 0 | 2.00 |
| 4 | 1.5 | 0 | 5.00 |
| 4 | 1.5 | 1 | 2.00 |
| 6 | 1.5 | 0 | 8.00 |
| 8 | 1.5 | 0 | 11.00 |
| 8 | 1.5 | 1 | 5.00 |
| 10 | 1.5 | 0 | 14.00 |
| 12 | 1.5 | 0 | 17.00 |
| 12 | 1.5 | 1 | 8.00 |
| 16 | 1.5 | 0 | 23.00 |
| 16 | 1.5 | 1 | 11.00 |
| 20 | 1.5 | 0 | 29.00 |
| 20 | 1.5 | 1 | 14.00 |

表 B3—33.333 kb/s速率下时钟分配器设置, $t_q = 2.0 \mu s$

| F_{xtal} (MHz) | t_q (μs) | DSC | BRP (dec) |
|---------------------|----------------------|-----|--------------|
| 2 | 2 | 0 | 3.00 |
| 2 | 2 | 1 | 1.00 |
| 3 | 2 | 0 | 5.00 |
| 3 | 2 | 1 | 2.00 |
| 4 | 2 | 0 | 7.00 |
| 4 | 2 | 1 | 3.00 |
| 5 | 2 | 0 | 9.00 |
| 5 | 2 | 1 | 4.00 |
| 6 | 2 | 0 | 11.00 |

| | | | |
|----|---|---|-------|
| 6 | 2 | 1 | 5.00 |
| 8 | 2 | 0 | 15.00 |
| 8 | 2 | 1 | 7.00 |
| 10 | 2 | 0 | 19.00 |
| 10 | 2 | 1 | 9.00 |
| 12 | 2 | 0 | 23.00 |
| 12 | 2 | 1 | 11.00 |
| 15 | 2 | 0 | 29.00 |
| 15 | 2 | 1 | 14.00 |
| 16 | 2 | 0 | 31.00 |
| 16 | 2 | 1 | 15.00 |
| 20 | 2 | 0 | 39.00 |
| 20 | 2 | 1 | 19.00 |

表 B4 定义83.333 kb/s速率下适应的比特时序设置。

表 B4—83.333 kb/s下比特设置

| t_q | t_{sjw} | $t_{SEG2min}$ | $t_{SEG2max}$ | TSEG1 | TSEG2 |
|-------------|-------------|---------------|---------------|-------|-------|
| 0.6 μs | 1.8 μs | 1.8 μs | 1.8 μs | 15 | 2 |
| 1.0 μs | 2.0 μs | 2.0 μs | 2.0 μs | 8 | 1 |

一些可接受例子的时钟频率及其相关计算的CAN波特率设置列于表B5中。其它设置可能需要仔细的分析。

表 B5—83.333 kb/s速率下时钟分配器设置, $t_q = 0.6 \mu s$

| f_{xtal} (MHz) | t_q (μs) | DSC | BRP (dec) |
|---------------------|----------------------|-----|--------------|
| 5 | 0.6 | 0 | 2.00 |
| 10 | 0.6 | 0 | 5.00 |
| 10 | 0.6 | 1 | 2.00 |
| 15 | 0.6 | 0 | 8.00 |
| 20 | 0.6 | 0 | 11.00 |
| 20 | 0.6 | 1 | 5.00 |
| 25 | 0.6 | 0 | 14.00 |

表 B6—83.333 kb/s速率下时钟分配器设置, $t_q = 1.0 \mu s$

| f_{xtal} (MHz) | t_q (μs) | DSC | BRP (dec) |
|---------------------|----------------------|-----|--------------|
| 2 | 1 | 0 | 1.00 |
| 3 | 1 | 0 | 2.00 |

| | | | |
|----|---|---|-------|
| 4 | 1 | 0 | 3.00 |
| 4 | 1 | 1 | 1.00 |
| 5 | 1 | 0 | 4.00 |
| 6 | 1 | 0 | 5.00 |
| 6 | 1 | 1 | 2.00 |
| 7 | 1 | 0 | 6.00 |
| 8 | 1 | 0 | 7.00 |
| 8 | 1 | 1 | 3.00 |
| 9 | 1 | 0 | 8.00 |
| 10 | 1 | 0 | 9.00 |
| 10 | 1 | 1 | 4.00 |
| 11 | 1 | 0 | 10.00 |
| 12 | 1 | 0 | 11.00 |
| 12 | 1 | 1 | 5.00 |
| 13 | 1 | 0 | 12.00 |
| 14 | 1 | 0 | 13.00 |
| 14 | 1 | 1 | 6.00 |
| 15 | 1 | 0 | 14.00 |
| 16 | 1 | 0 | 15.00 |
| 16 | 1 | 1 | 7.00 |
| 17 | 1 | 0 | 16.00 |
| 18 | 1 | 0 | 17.00 |
| 18 | 1 | 1 | 8.00 |
| 19 | 1 | 0 | 18.00 |
| 20 | 1 | 0 | 19.00 |
| 20 | 1 | 1 | 9.00 |
| 2 | 1 | 0 | 1.00 |

附录 C

单线CAN总线和双线CAN总线内嵌集成电路PC板布局

C.1 以下显示了电路板布局打印图例子，允许单线和双线CAN总线安装在一个ECU的集成电路上，这样可以减少电路板空间。CAN总线控制器必须作出适当的修改，以使得安装的收发器适应CAN总线速度和控制信号。见收发器供应商的实际安装和散热要求规范，以保持指定工作温度和电压范围内工作运行。

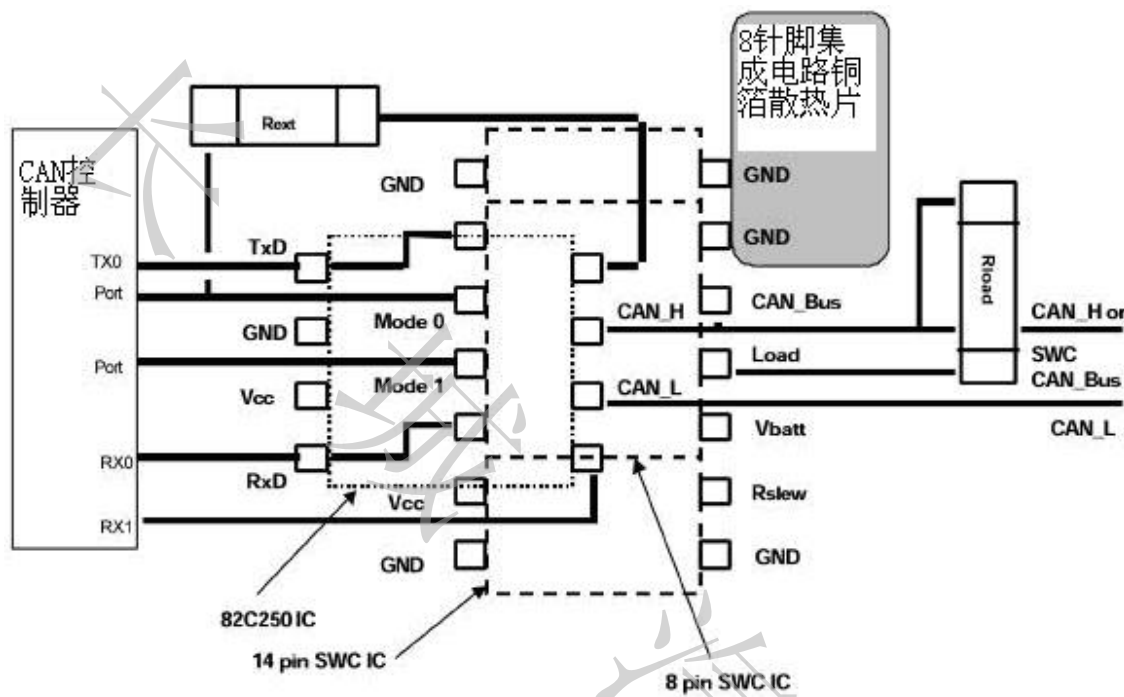


图 C1—单线CAN总线和双线CAN总线内嵌集成电路PC板布局

理论基础——不适用。

SAE 标准和 ISO 标准之间的关系—不适用。

应用一本SAE推荐样例将定义ISO模式物理层和部分数据链路层的数据通讯。且本文档规定了对于通过(ECU)与道路车辆通讯的单线媒介上运作的任意载波侦听多路访问/冲突分析(CSMA/CR)数据连接物理层规定要求。

在本文档中所示的要求将提供一个针对所有兼容ECU和媒体设计的最低性能水平标准。这将保证所有连接设备（与供应商无关）串行数据通信的充分性。

本文件将对描述任何在单线数据链路控制器和物理层接口的位置上给定的ECU的特定车辆OEM组件技术规范提供参考。物理层主要性能在文件中做出规定。当在组件技术规范中提供ECU的环境和其它方面的要求，应取代本文档的要求。

读者对象包括但不限于ECU的供应商，CAN控制器供应商，CAN收发器供应商，部件分离工程师，和车辆系统工程师。

参考章节

SAE J551—所有部件—车辆及其设备的电磁兼容性测量方法和性能水平

SAE J1113—所有部件—车辆部件电磁兼容性测试的程序

SAE J1213—1—车载网络的数据通信和多路传输术语

SAE J1930—电路/电子系统术语，定义，缩写和首字母缩写

SAE J2284—车辆上使用的500 KBPS高速CAN (HSC)总线

ISO 7498—数据处理系统—开放系统互连标准参考模式

ISO 7637—道路车辆—传导和耦合产生的电子干扰—第1和2部分

德尔福—德尔科汽车电子系统— DK166153 —单线CAN收发器

飞利浦— AU5790 —单线CAN收发器

英飞凌— TLE 6255 —单线CAN收发器

博世局域网控制器 — CAN 2.0规范

CISPR 25 —用作车载接收器保护的无线电干扰特性测试限制与测量方法

由SAE单线CAN 总线特别工作组制定

由SAE车辆网络多路传输和数据通讯标准协会发起