

Application Note

3.3V 控制器局域网 (CAN) 收发器概述

Jason Blackman and Scott Monroe

摘要

3.3V 控制器局域网 (CAN) 收发器相对于 5V CAN 收发器具有优势和灵活性，同时彼此兼容并可互操作。与 5V 收发器相比，3.3V 收发器的功耗更低。当微处理器与收发器通信的电压也为 3.3V 时，可能会简化电源并节省成本。本应用手册介绍了这些优势以及 TI CAN 收发器产品系列中可用于 3.3V CAN 系统的器件。

内容

1 工作原理.....	2
2 展示运行情况的测量.....	3
3 一致性测试.....	7
4 3.3V 器件的优势.....	7
5 总结.....	7
6 参考资料.....	7
7 修订历史记录.....	8

插图清单

图 1-1. 典型 CAN 网络.....	2
图 1-2. 5V 和 3.3V 收发器的典型 CAN 总线电平.....	2
图 2-1. 两个 5V SN65HVD255 收发器的波形.....	3
图 2-2. 两个 3.3V SN65HVD234 收发器的波形.....	4
图 2-3. 两个 SN65HVD255 收发器的波形，其中一个收发器具有 +1V 接地漂移.....	4
图 2-4. 两个具有分裂终端的 5V SN65HVD255 收发器的波形，其中一个具有 +1V 接地漂移.....	5
图 2-5. 单终端 (左) 和分裂终端 (右).....	5
图 2-6. 5V SN65HVD255 和 3.3V SN65HVD234 的波形.....	6
图 2-7. 5V SN65HVD1050 和 3.3V SN65HVD230 的总线通信.....	6

表格清单

表 4-1. 三种不同双节点总线的电源电流图.....	7
-----------------------------	---

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 工作原理

ISO 11898 规范详细说明了 CAN 总线通信的物理层要求。CAN 是双绞线电缆上的低级通信协议，类似于 RS-485

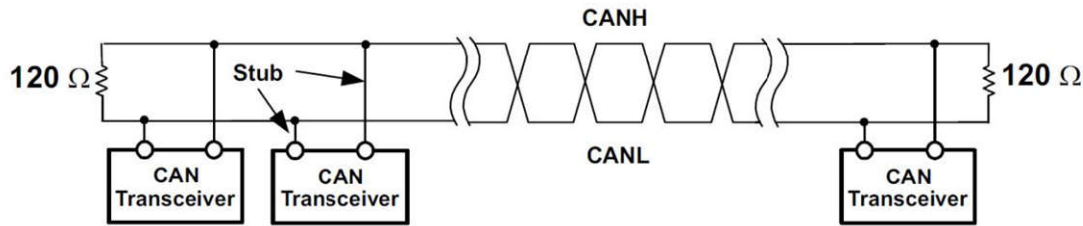


图 1-1. 典型 CAN 网络

CAN 总线的一个重要特性是，在逻辑“高”传输期间，总线不会被主动驱动（称为“隐性”状态）。在此期间，两条总线的电压通常相同，约为 $V_{CC}/2$ 。总线仅在“显性”传输期间（即逻辑“低”期间）被主动驱动。在显性状态下，总线被驱动，使得 $(CANH - CANL) \geq 1.5V$ 。这使得正在发送“高”信号的节点能够检测到是否有其他节点同时尝试发送“低”信号。这一机制用于实现非破坏性仲裁，各节点在发送每条消息时都会使用一个地址（优先级编码），系统据此判断哪个节点有权使用总线。拥有最低二进制地址的节点将赢得仲裁权，并继续发送其消息。无需像其他协议那样进行退避和重传。

CAN 接收器测量总线上的差分电压，以确定总线电平。由于 3.3V 收发器生成与 5V 收发器相同的差分电压 ($\geq 1.5V$)，因此总线上的所有收发器（无论电源电压如何）都可以解密消息。实际上，其他收发器无法判断差分电压电平是否有任何不同。

图 1-2 显示了 5V 收发器和 3.3V 收发器的总线电压。对于 5V CAN，CANH 和 CANL 在隐性期间弱偏置为大约 2.5V ($V_{CC}/2$)。3.3V CAN 的隐性共模电压偏置为高于 $V_{CC}/2$ （通常约为 2.3V）。这样做是为了更好地匹配 5V CAN 收发器的共模点，并更大限度地减少总线上 3.3V 和 5V 收发器之间的共模变化。由于 CAN 被定义为具有宽共模的差分总线，允许接地漂移（节点之间的直流失调电压），因此这不是运行所必需的，但可以在混合网络中更大限度地减少发射。此外，通过使用分裂终端来过滤网络的共模，可以显著减少发射。ISO 11898-2 标准规定：收发器必须在 -2V 至 7V 的共模范围内运行，因此在 3.3V 和 5V 收发器之间实现典型的 0.2V 共模转换不会带来问题。

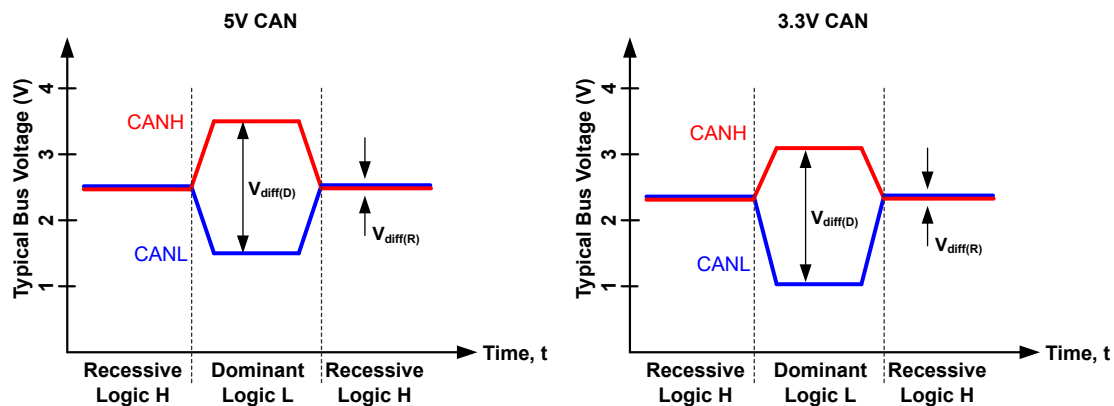


图 1-2. 5V 和 3.3V 收发器的典型 CAN 总线电平

以前，3.3V CAN 收发器不用于汽车应用，因为它们无法满足主要汽车制造商的严格 EMC 要求。本应用手册引用了未获准用于异构汽车网络的传统 3.3V CAN 系列，如 SN65HVD23x。TI 的新一代汽车 3.3V CAN 收发器 TCAN3403-Q1 和 TCAN3404-Q1 克服了这一挑战，在同构和异构网络条件下均通过了 IEC 62228-3:2019 认证。有关更多详细信息，请参阅[通过汽车认证且符合电磁兼容性标准的 3.3V CAN FD 收发器如何提高 ECU 性能](#)。

2 展示运行情况的测量

图 2-1 显示了在同一总线上通信的两个 5V 收发器。在这种情况下，收发器 (XCVR) 1 和 2 均为德州仪器 (TI) 的 SN65HVD255 CAN 收发器。信号“TXD1”和“TXD2”显示每个收发器驱动到总线上的内容，而“RXD1”和“RXD2”显示每个收发器从总线上读取的内容。上方的两个信号是总线线路，CANH (黄色) 和 CANL (浅蓝色)。它们下方的红色波形是计算得出的 CANH 和 CANL 之间的差分电压。

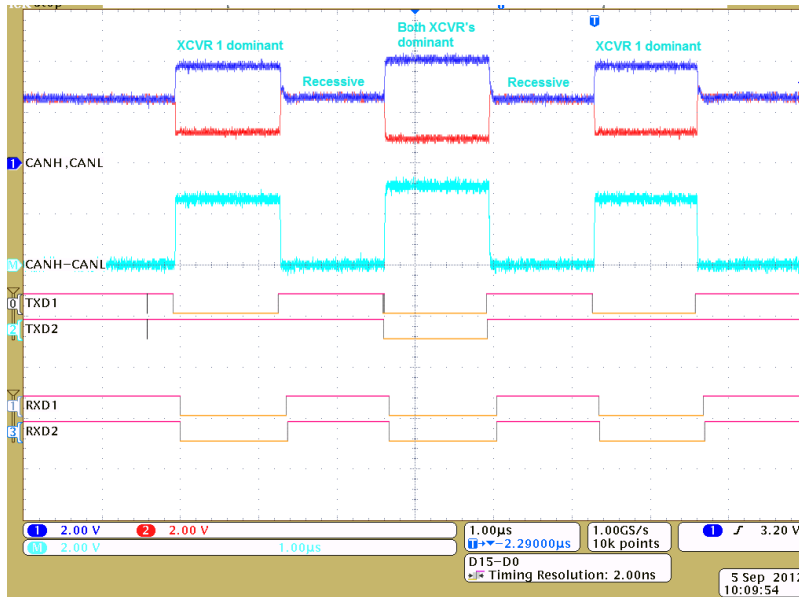


图 2-1. 两个 5V SN65HVD255 收发器的波形

我们使用了简化的位模式来演示 CAN 总线原理。

- 位时间 1：一个收发器发送一个显性位，而另一个保持隐性位。
- 位时间 2：两个收发器均为隐性。
- 位时间 3：均发送显性位，显示了在仲裁期间可能发生的情况。

如图所示，由于每个收发器的输出晶体管并联，因此当两个收发器都处于显性状态时，差分电压会稍高，从而导致更小的压降和更大的差分电压输出。

图 2-2 显示了相同的设置，但使用了两个 3.3V 收发器 (TI SN65HVD234)。显性位期间总线线路之间的差分电压低于测试的 5V 器件，但仍符合 ISO 11898-2 标准的要求。此外，5V 器件的最小差分总线电压与 3.3V 器件相同 (1.5V)。这意味着，设计人员选择 5V 器件是为了实现其更高的差分驱动能力，这种选择并无优势，因为并无规定其差分输出必须更高。

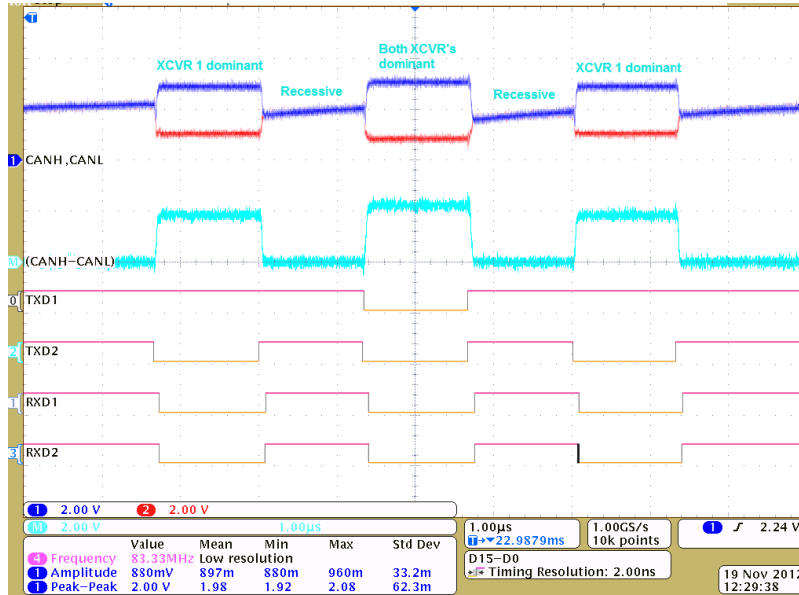


图 2-2. 两个 3.3V SN65HVD234 收发器的波形

图 2-3 显示了具有共模差异的 CAN 的稳健性。在之前的图中，红色 Math 信号显示的是共模电压，而不是差分电压。在发生接地漂移收发器之间仲裁时，总线信号会变得非常糟糕。然而，RXD1 信号显示收发器没有问题，因为差分信号良好，并且收发器正确检测到总线上的信号。

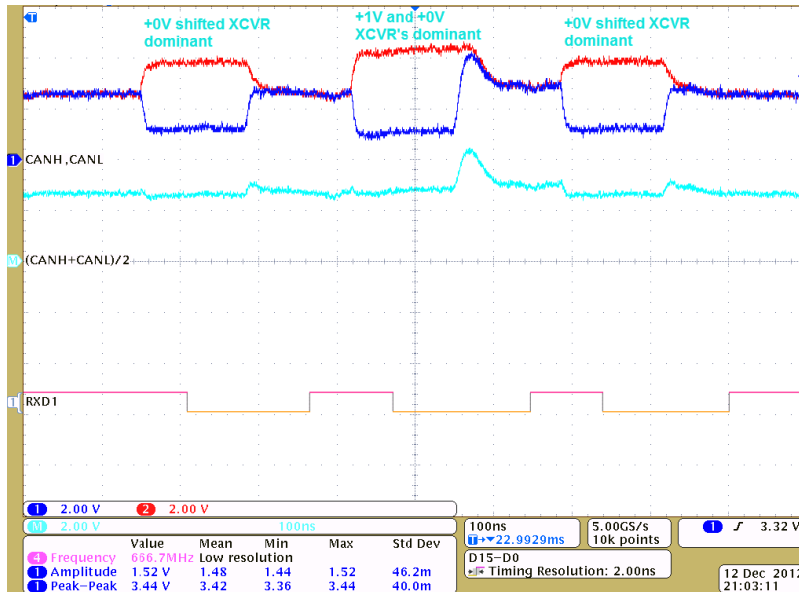


图 2-3. 两个 SN65HVD255 收发器的波形，其中一个收发器具有 +1V 接地漂移

图 2-4 显示了与上图相同的情况，现在使用分裂终端，而不是传统的单终端。分裂终端（如 图 2-4 所示）有助于滤除节点之间存在接地电位差时可能出现的高频噪声。图 2-4 的设置使用了典型的 4.7nF 的 C_L 值。

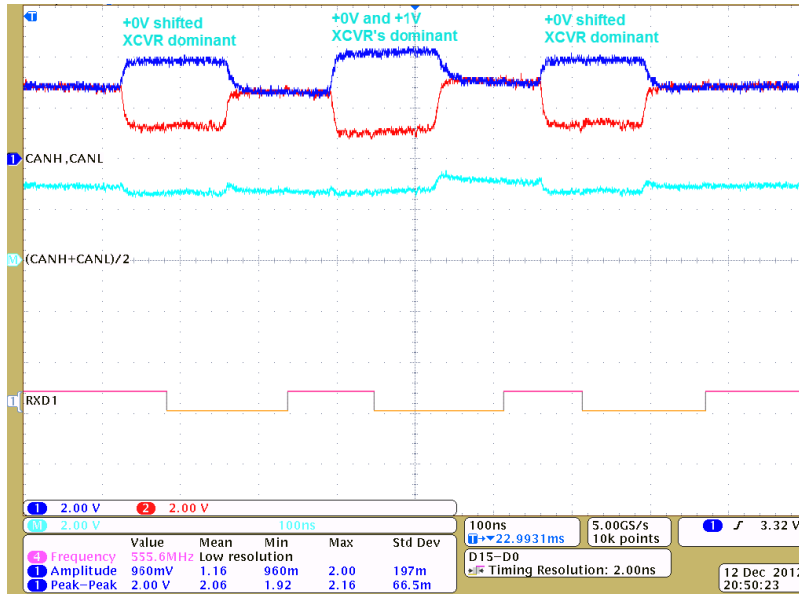


图 2-4. 两个具有分裂终端的 5V SN65HVD255 收发器的波形，其中一个具有 +1V 接地漂移

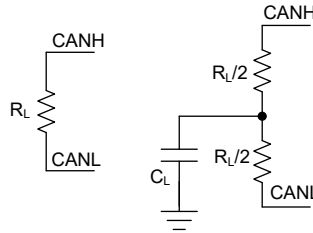


图 2-5. 单终端 (左) 和分裂终端 (右)

图 2-6 显示了与包含一个 3.3V 收发器和一个 5V 收发器的混合网络中的通信。与之前一样，数字信号 TXD1、TXD2、RXD1 和 RXD2 表明两个收发器都在准确地相互通信，并且与具有 1V 接地漂移的 5V 同构网络相比，通信期间的共模漂移很小。

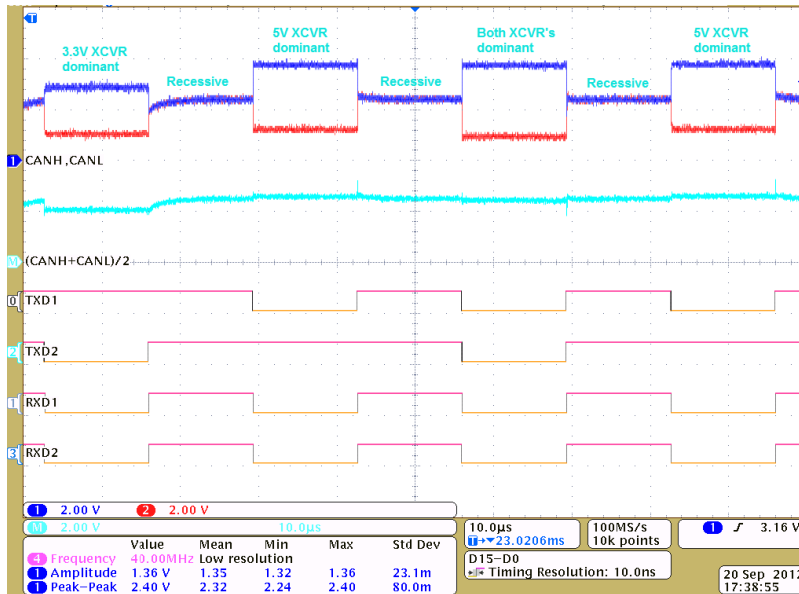


图 2-6. 5V SN65HVD255 和 3.3V SN65HVD234 的波形

图 2-7 显示了由两个 3.3V 收发器和一个 5V 收发器组成的混合网络中的 CAN 帧，以展示功能混合系统 CAN 帧中的这些原理。

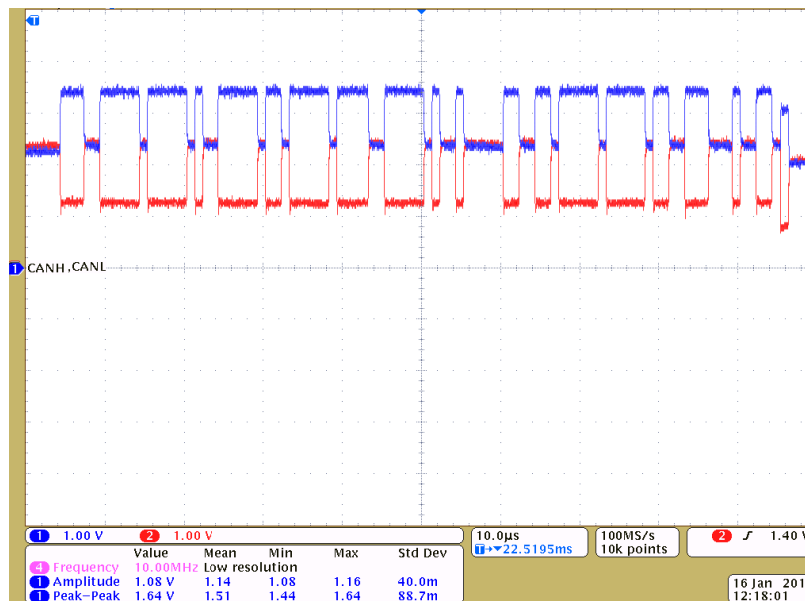


图 2-7. 5V SN65HVD1050 和 3.3V SN65HVD230 的总线通信

3 一致性测试

TI 的 SN65HVD23x 3.3V CAN 系列器件已成功通过国际公认的第三方通信与系统 (C&S) 集团有限公司针对 GIFT/ICT CAN 高速收发器一致性测试。该测试覆盖了一个全部是 3.3V 收发器的同构网络以及一个异构网络，该异构网络的 16 个 CAN 节点中有 4 个是 3.3V 收发器，其余 12 个 CAN 节点混用了其他三款“黄金”参考的非 TI 5V CAN 收发器。两个 TI 3.3V CAN 收发器系列均成功通过了此测试，未发现任何问题，并已获得权威认证证书。

4 3.3V 器件的优势

通过测试的 3.3V 收发器显然可以在混合供电网络中运行，这一特性带来了诸多优势。第一个优势是功耗更低。3.3V 收发器不仅具有较低电压，电流也较低。

表 4-1 显示 3.3V 器件的电源电流降低了近一半。再加上已经较低的电源电压，使得功耗显著降低。

表 4-1. 三种不同双节点总线的电源电流图

案例 1 : 2X SN65HVD234	SN65HVD234#1 ICC(mA)	SN65HVD234#1 ICC(mA)
均为隐性	7.1	7.2
#1 dominant	38.4	7.2
均为显性	25.9	26.1
Case2 : 2X SN65HVD255	SN65HVD255#1 ICC(mA)	SN65HVD255#1 ICC(mA)
均为隐性	18.6	18.6
#1 dominant	61.8	18.4
均为显性	44.6	44.8
案例 3 : 混合	SN65HVD234ICC(mA)	SN65HVD255ICC(mA)
均为隐性	7.2	18.6
SN65HVD234 dominant	38.6	18.6
SN65HVD255 dominant	7.2	61.8
均为显性	11.7	58.9

与 3.3V 微控制器配合使用时，还能获得其他几项优势。5V 收发器的数字 I/O 将在外部或 5V CAN 收发器中进行电平位移，以避免损坏微控制器（除非能够耐受 5V 电压），而 3.3V 收发器可以直接连接到该微控制器。SN65HVD233/234/235 3.3V 收发器具有 5V 容限输入，因此可直接与 3.3V 或 5V 微控制器配合使用。如果系统中仅对 CAN 使用 5V 电压，则 3.3V CAN 收发器将消除对 5V 电源的需求，从而简化电源域并降低成本。

5 总结

3.3V 和 5V CAN 收发器是可互操作的，因为高速 CAN 物理层使用的差分信号与 3.3V 和 5V CAN 收发器相同。此外，3.3V 和 5V CAN 收发器具有相同的宽共模范围，不仅适应典型的信号传输，还为接地电位漂移电势提供宽裕度。对于可以利用 3.3V 收发器的优势（例如简化的电源和更低的功耗）的系统，它们在同构 3.3V CAN 网络或 3.3V 和 5V 混合 CAN 网络中使用都提供了明显的优势。

6 参考资料

- [通过汽车认证且符合电磁兼容性标准的 3.3V CAN FD 收发器如何提高 ECU 性能](#)

7 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (January 2023) to Revision A (May 2025)	Page
• 添加了更新的 3.3V 收发器在 节 1 中可用的信息。.....	2

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司