

TJA1050 CAN 高速收发器应用指南

目录

1. 介绍	2
2. CAN 高速收发器的一般应用	2
3. TJA1050	5
3.1 特征	5
3.2 工作模式	5
3.2.1 高速模式	5
3.2.2 静音模式	5
3.3 TxD 显性超时	6
3.4 与 3.3V 器件兼容	6
4. EMC 方面	6
4.1 split termination 的概念	6
4.2 CANH 和 CANL 上的电容	7
4.3 普通模式扼流器	8
5. 电源和推荐的旁路电容	9
5.1 平均和峰值电源电流	9
5.2 旁路电容	9
6. 地电平偏移的问题	9
7. 不上电的收发器	11
7.1 普通模式电压的非对称偏置	11
7.2 RxD 显性箝位	13
7.3 与 Vcc 反向的电源	14
8. 用 TJA1050 代替 PCA82C250	14
8.1 引脚	14
8.2 工作模式	14
8.3 斜率控制电阻	14
8.4 接口	14
9. 总线网络的问题	15
9.1 最大节点数量	15
9.2 最大总线线路长度	16
9.3 拓扑结构方面	16
9.3.1 由于信号反射造成的振荡	17
9.3.2 线形拓扑	17
10. 参考文献	18

1. 介绍

ISO 11898[1]是一个使用 CAN 总线协议的汽车内高速通讯国际标准。这个标准的基本作用是定义了通讯链路的数据链路层和物理层。如图 1.1 所示，物理层被细分成 3 个子层。它们分别是：

- 物理信令 位编码，定时和同步
- 物理媒体连接 驱动器和接收器特性
- 媒体相关接口 总线连接器

物理信令子层和数据链路层通常是由协议控制器来实现，像用 Philips 的 SJA1000[2]。协议控制器和物理传输媒体之间使用物理媒体连接子层接口，产品有像 Philips 的 TJA1050[3]或 PCA82C250[4]等收发器。本文档着重介绍如何使用收发器 TJA1050 实现物理连接子层。

SPECIFICATION	OSI-LAYER		IMPLEMENTATION
User Specified	APPLICATION LAYER		Microcontroller
Scope of ISO11898	DATA LINK LAYER	Logical Link Control	CAN-Controller e.g. SJA1000
		Medium Access Control	
	PHYSICAL LAYER	Physical Signalling	CAN-Transceiver
		Physical Medium Attachment	
		Medium Dependent Interface	
	TRANSMISSION MEDIUM		

图 1.1 CAN 的分层结构

跟 PCA82C250 一样，TJA1050 符合 ISO 11898 标准。因此，它可以和其他遵从 ISO 11898 标准的收发器产品协同操作。

电磁兼容性 (EMC) 是 TJA1050 的主要设计目标。在关键的 AM 波段上，它的辐射比 PCA82C250 低 20dB 以上。

除了 EMC 之外，TJA1050 的另外一个重要的特性：在不上电时，总线呈现无源特性。这使 TJA1050 对于在点火之后就失电的 clamp-15 节点来说是一个更优的收发器。而持续上电的节点 (clamp-30) 则要求有一个专用的低功耗模式，以使整个系统的功率消耗保持尽可能低。在这种应用中，PCA28C250 由于具有准备模式，所以仍然是一个很好的选择。在 clamp-30 应用中，TJA1050 通过收发器不上电来实现极低的功耗，而远程唤醒功能则是使用一根独立的远程唤醒线。

由于 TJA1050 和 PCA82C250 的引脚互相兼容，那么 TJA1050 可以直接在已有的应用中使用，而不需要修改 PCB。因此，用户可以立即从 TJA1050 突出的特性中获益。

2. CAN 高速收发器的一般应用

CAN 高速收发器的一般应用显示在图 2.1 中。其中，协议控制器通过一条串行数据输出线 (TxD) 和一条串行数据输入线 (RxD) 连接到收发器。而收发器则通过它的两个有差动接收和发送能力的总线终端 CANH

和 CANL 连接到总线线路。它的引脚“S”(8)用于模式控制。参考输出电压 V_{ref} 提供一个 $V_{cc}/2$ 的额定输出电压, 这个电压是作为带有模拟 Rx 输入的 CAN 控制器的参考电平。由于 SJA1000 具有数字输入, 因此它不需要这个电压。收发器使用 5V 的额定电源电压。

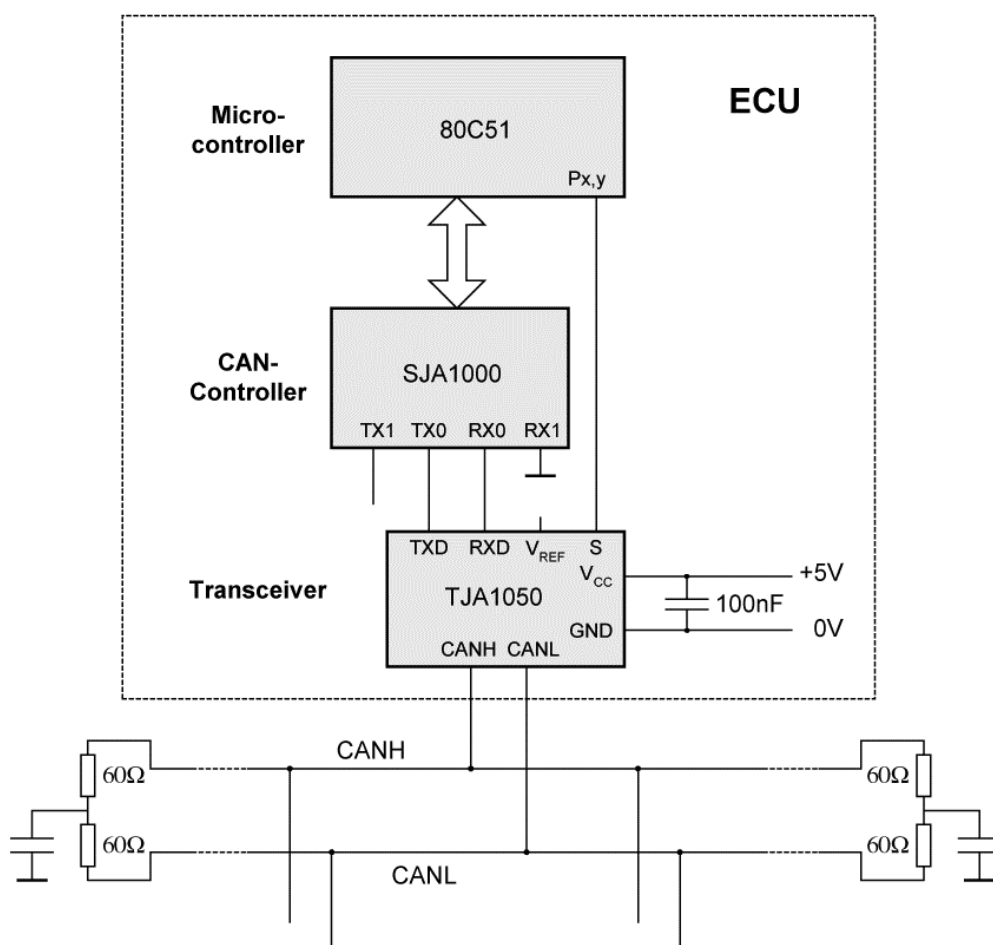


图 2.1 CAN 高速收发器的典型应用

协议控制器向收发器的 TxD 引脚输出一个串行的数据流。收发器的内部上拉功能将 TxD 引脚置为逻辑高电平, 即总线输出驱动器在开路时是无源的。在隐性状态中 (见图 2.3), CANH 和 CANL 输入通过典型内部阻抗为 $25k\Omega$ 的接收器连接入网络, 偏置到 $V_{cc}/2$ 的电平电压。另外, 如果 TxD 是逻辑低电平, 将激活总线的输出级, 并在总线上产生一个显性信号电平 (见图 2.3)。输出驱动 CANH 由 V_{cc} 提供一个源输出, 而 CANL 则向 GND 提供一个下拉输出。图 2.2 用 TJA1050 方框图作为一个例子。

如果没有总线节点发送一个显性位, 则总线处于隐性状态。如果一个或多个总线节点发送一个显性位, 总线就会覆盖隐性状态而进入显性状态 (线与特性)。

接收器比较器将差动的总线信号转换成逻辑电平信号, 并在 RxD 输出。总线协议控制器将接收到的串行数据流译码。接收器比较器总是激活的, 即当总线节点发送一个报文时, 它同时监控总线。这个功能可以用于支持 CAN 的非破坏性逐位仲裁策略。

典型的总线采用一对双绞线。考虑到 ISO 11898 中定义的线性拓扑结构, 总线两端都端接一个 120Ω 的额定电阻。这就要求总线额定负载是 60Ω 。终端电阻和电缆阻抗的紧密匹配确保了数据信号不会在总线的两端反射。

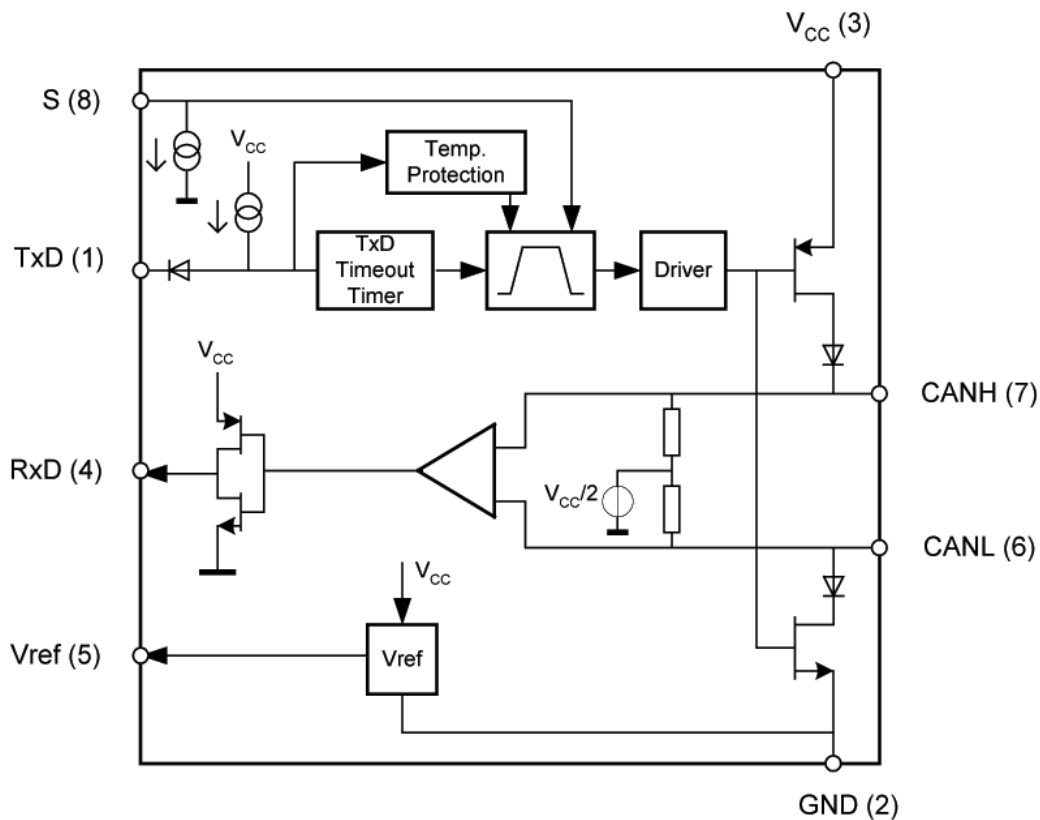


图 2.2 TJA1050 的方框图

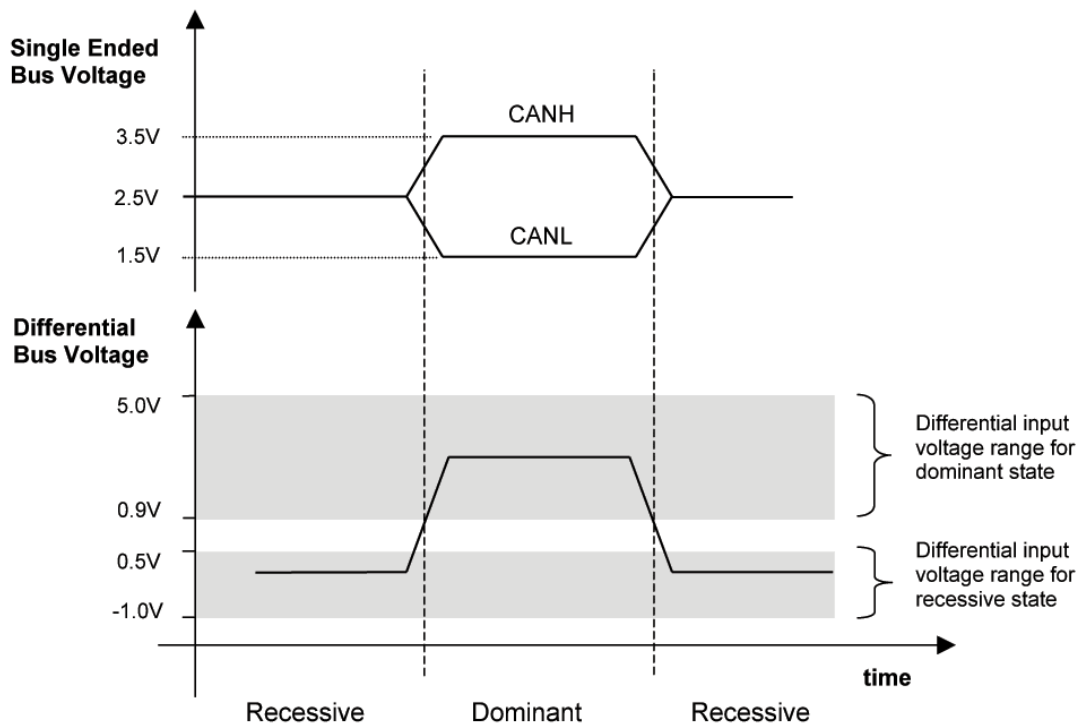


图 2.3 根据 ISO 11898 的额定总线电平

3. TJA1050

3.1 特征

TJA1050 的主要特征有:

- 完全符合 ISO 11898 标准
- 高速率 (最高达 1Mbit/s)
- 电磁辐射 (EME) 极低
- 电磁抗干扰 (EMI) 性极高
- 不上电的节点不会对总线造成扰动
- TxD 引脚有防止箝位在显性总线电平的超时功能
- 静音模式中提供了只听模式和 “Babbling Idiot” 保护
- 保护总线引脚, 防止汽车环境中的瞬态干扰
- 输入级和 3.3V 以及 5V 的器件兼容
- 输出驱动器受到温度保护
- 防止电池对地的短路
- 至少可以连接 110 个节点

3.2 工作模式

TJA1050 有两种工作模式, 都由引脚 “S” 来控制。

- 高速模式
- 静音模式

它不支持 PCA82C250 有的可变斜率控制。所以, TJA1050 有固定的斜率。尽管如此, 其输出级优良的对称性使它的 EMC 性能比前面的产品更好。

3.2.1 高速模式

高速模式是普通的工作模式, 将引脚 “S” 连接到地可以进入该模式。由于引脚 “S” 有内部下拉功能 (见图 2.2), 所以当它没有连接时, 高速模式也是默认的工作模式。

在这个模式中, 总线输出信号有固定的斜率, 并且以尽量快的速度切换。这种模式适合用于最大的位速率和 / 或最大的总线长度, 而且此时它的收发器循环延迟最小。

3.2.2 静音模式

在静音模式中, 发送器是禁能的, 所以它不管 TxD 的输入信号。因此, 收发器运行在非发送状态中, 它此时消耗的电源电流和在隐性状态时的一样。将引脚 “S” 接高电平, 就可以进入静音模式。

“Babbling Idiot” 保护

静音模式中, 节点可以被设置成对总线绝对无源的状态。当 CAN 控制器不受控制, 占用总线无意识地发送报文 (“babbling idiot”) 时, 这个模式就显得非常重要。微控制器激活了静音模式后, 此时微控制器不再直接访问 CAN 控制器, TJA1050 将会释放总线。因此, 在今天的电子应用要求系统有高可靠性的情况下, 静音模式变得非常有用。

只听模式

在静音模式中, RxD 如常监控总线。因此, 静音模式就提供了具有诊断功能的只听模式。它确保节点的显性位完全不会影响总线。

3.3 TxD 显性超时

除了静音模式外，TJA1050 还提供 TxD 显性超时功能。这个保护功能可以防止出错的 CAN 控制器通过发送持续的显性 TxD 信号将总线箝位在显性电平。

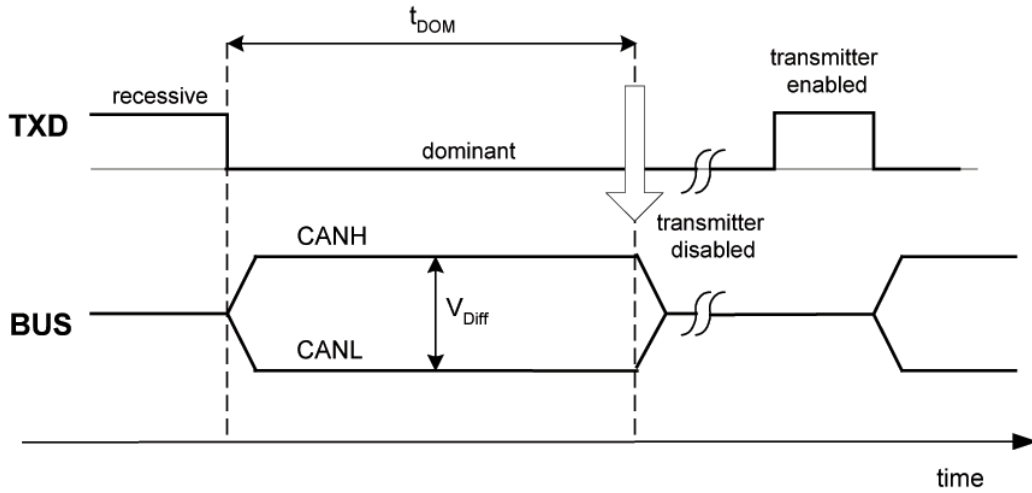


图 3.1 TxD 显性超时功能

图 3.1 显示了 TxD 显性超时功能。超过允许最大的 TxD 显性时间后，发送器将被禁能。下一个显性输出只有在释放了 TxD 后才可以产生。

根据 CAN 协议[1]，TxD 只允许最多 11 个连续的显性位（最坏的情况是一个错误帧紧接在 5 个连续的显性位后）。TxD 呈显性所允许的最小的间会将最小位速率限制在 60kbit/s。

3.4 与 3.3V 器件兼容

在汽车应用中，越来越多地使用电源电压低于 5V 的器件。通过减少 TxD 和引脚“S”的输入阈值，TJA1050 可以和 3.3V 的器件（像 CAN 控制器， μC ）通信。因此，它对 5V 供电的微控制器和 CAN 控制器以及 3.3V 供电的派生器件都适用。

但是，由于 TxD 内部有一个上拉电阻连接到 Vcc (5V) 而且 RxD 有一个基于 Vcc 的推挽级，所以 3.3V 的器件必须能承受 5V 的 RxD 和 TxD。

4. EMC 方面

实现高的 EMC 性能不只是收发器的问题，系统实现的细节（终端、拓扑、外部电路）也非常重要。本章将展示使用 TJA1050 时突出的 EMC 性能。

4.1 split termination 的概念

实验指出，改良的总线终端概念——分裂终端(split termination)，可以有效减少辐射。另外，这个概念使系统有更好的抗干扰性。

分裂终端的概念如图 4.1 所示。总线端节点的两个终端电阻都被分成两个等值的电阻，即用两个 $60\ \Omega$ 的电阻代替一个 $120\ \Omega$ 的电阻。通过 stubs 连接到总线上的 Stub 节点也可以选用相似的分裂终端配置。Stub 节点的电阻选择必须使包括所有终端电阻的总线负载在 $50\ \Omega \sim 65\ \Omega^1$ 的规定范围中。有 10 个节点时（8 个 stub 节点和 2 个总线终端节点），典型的电阻值是 $1.3\text{k}\ \Omega$ 。

¹ 参考将在 2000 年出版的 ISO 11898

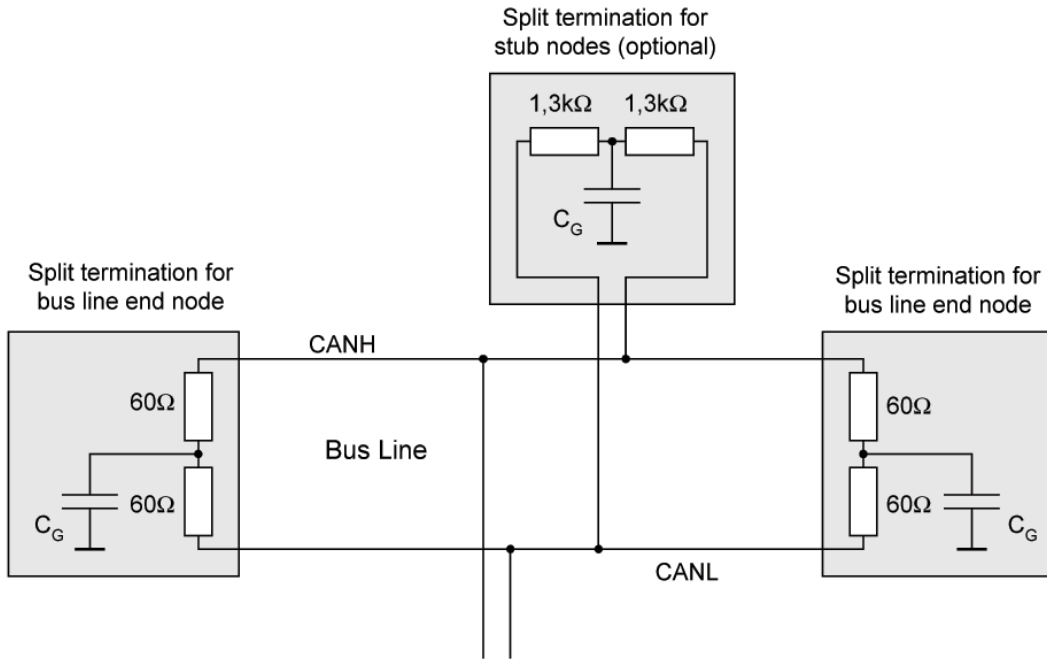


图 4.1 典型的 split termination 概念

这个方案的特点是：普通模式信号可以在终端的中间分接点处得到。这个普通模式信号通过一个电容 C_G (10nF~100nF) 连接到地。但很明显，电容要连接到“静态”的地电平。例如，如果终端放置在总线节点之内，建议将分离地连接到具有最低电感的模块连接器的地引脚。

TJA1050 的电平有高度的对称性，总线的两条线与参考地的对称方式变得越来越重要。因此，为了要使用 TJA1050 优秀的抗辐射性能，则要考虑每个 ECU 分裂终端电阻的匹配容差。

值得注意的是，由于使用了分裂终端，TJA1050 的 EMC 性能得到优化而且不会产生扼流。因此，我们极力推荐使用分裂终端。其输出级有优良的对称性，用不同的辐射测量方法都检测不到扼流。但如果 EMC 性能仍不足够，也可以选择使用额外的方法，像电容和普通模式扼流器。

4.2 CANH 和 CANL 上的电容

CANH 和 CANL 输出到 GND 的（一对）匹配电容 (C_H 和 C_L) 经常被用于提高抗电磁干扰的性能。相应噪声源的阻抗 (R_F) 和 CANH 和 CANL 对地的电容组成了一个 RC 低通滤波器。在抗干扰的性能的问题上，电容的值应该尽可能大，才能获得低的角频率。另一方面，输出级的整个电容负载和阻抗为数据信号建立了一个低通滤波器。因此，相关的角频率要比数据传输频率高。这使电容值必须由节点的数量和数据传输频率决定。当 TJA1050 的输出级阻抗大约是 20Ω ，总线系统有 10 个节点，速度是 500kbit/s，则电容的值不应该超过 470pF。这里要注意：电容由于减少上升和下降次数，信号的循环延迟将增加。

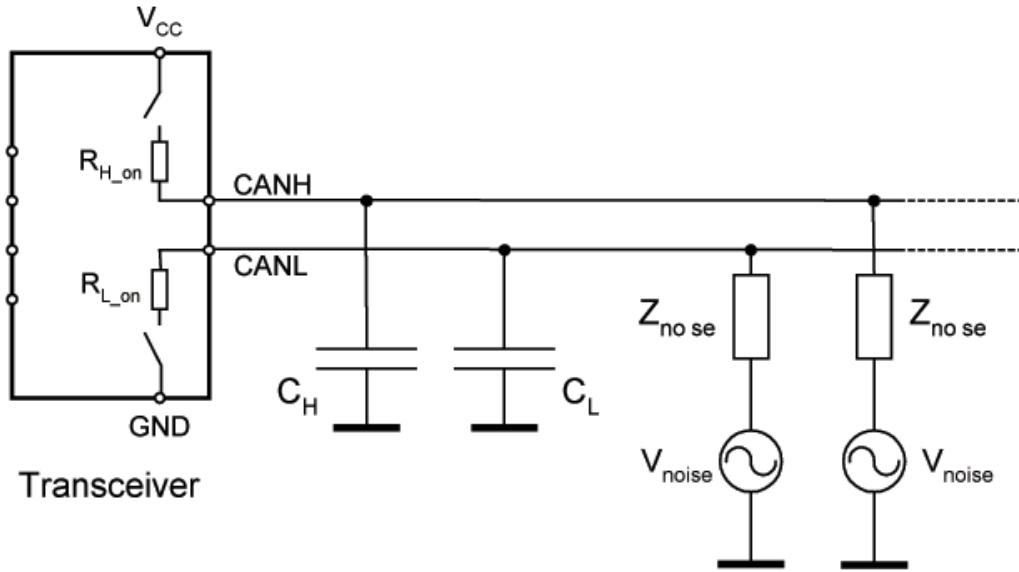


图 4.2 外部电容构成了 RC 低通滤波器

4.3 普通模式扼流器

普通模式扼流器对普通模式信号有高阻抗，对差动信号有低阻抗。因此，由 R_F 噪声和 / 或收发器驱动器的不理想对称产生的普通模式信号都被显著地衰减。所以，普通模式扼流器可以减少辐射以提高抗干扰性。

图 4.3 显示了如何将普通模式扼流器、分裂终端和 CANH、CANL 对 GND 的电容结合起来。如果首先要提高抗干扰性，建议将电容放置在收发器和普通模式扼流器之间。如果，另一方面，要减少辐射，则建议将电容放置在扼流器和分裂终端之间（虚线）。

普通模式扼流器也有一个缺点。扼流器的电感和引脚的电容将引起谐振。这无论是对差动信号还是普通模式信号，都将在总线引脚和扼流器之间引起不必要的振荡。差动信号的振荡可能引起 Rx/D 的多次切换。

前面的收发器产品在使用非屏蔽双绞线时，通常需要一个普通模式扼流器来满足汽车厂商严格的辐射和抗干扰要求。TJA1050 可以建立没有扼流器的汽车内系统。最后，是否需要扼流器是由特定的系统设备，像：线束和两条总线的对称性（电阻和电容的匹配容差）决定。

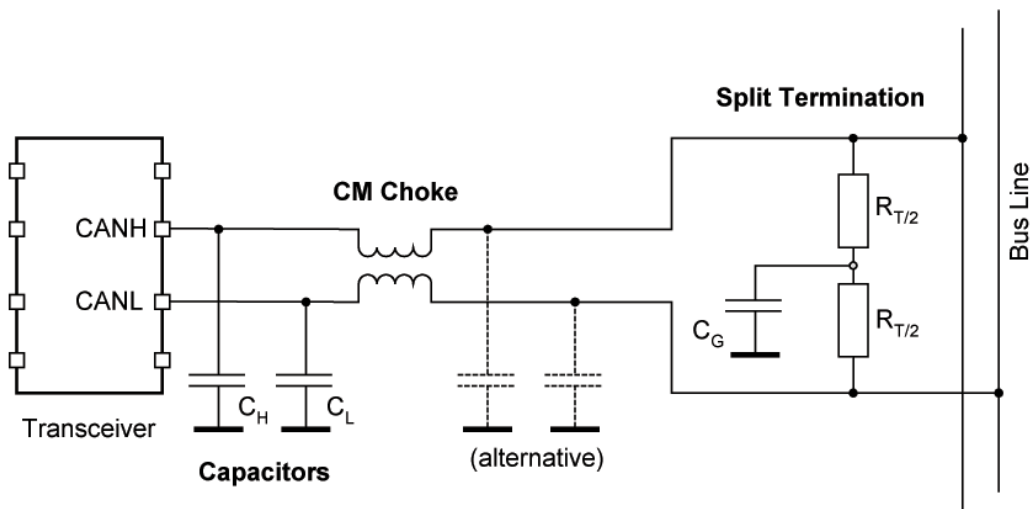


图 4.3 结合了分裂终端、扼流器和电容的总线节点电路

5. 电源和推荐的旁路电容

通常，旁路电容用于对所要求的电源电压供应进行缓冲。一个大小适中的旁路电容也可以避免过高的电流峰值流入地，为收发器建立一个“静态的”信号地。

5.1 平均和峰值电源电流

为了选择合适的电容，要考虑 CAN 高速收发器电源 Vcc 的两个参数：

1. 平均电源电流

平均电源电流用于计算 Vcc 电压调节器的温度负载。它是在假设节点持续地以 50% 的占空比发送报文的情况下估算出来的。

2. 峰值电源电流

峰值电源电流在某些时间发生了某些总线故障的情况下出现，因此它对电源的缓冲保护有一定影响。

我们推荐参考表 5.1 所示的收发器 Vcc 电源特性。这些值在计算要求的电压调节器和旁路电容时要考虑。

表 5.1 在普通和最差的情况下平均和峰值电源电流

条件	TJA1050		PCA82C250	
	平均 I _{vcc} (50% 占空比)	峰值 I _{vcc} (显性, V _{TXD} =0V)	平均 I _{vcc} (50% 占空比)	峰值 I _{vcc} (显性, V _{TXD} =0V)
普通, 60Ω 负载	43mA	75mA	44mA	70mA
最差的情况 (CANH 对 GND 短路)	60mA	137mA	80mA	165mA

5.2 旁路电容

当一个位从隐性切换到显性时，需要额外的电源电流来驱动总线。这个电流可以用下面的式子算出：

$$\Delta I_{CC} = I_{CC_dom} - I_{CC_rec}$$

其中，I_{CC_dom} 是指显性状态下的电源电流，I_{CC_rec} 是隐性状态下的电源电流。由于限制了电压调节器的调节速度，就要求一个旁路电容来保持电源电压 Vcc 是常数。否则，Vcc 将可能偏离定义的电压范围 (5V ±5%)，或者至少由于电压调节器的调节功能产生一些振荡。我们根本不需要这些振荡，因为它们会增加电磁辐射。因此，在普通操作中，至少需要用 100nF 的电容进行保护。因此，在引脚“Vcc”(3) 和引脚“GND”(2) 之间连接一个旁路电容变得非常有必要。考虑到电压调节器的性能，还可以选择使用更大的电容。

6. 地电平偏移的问题

汽车中的总线系统要处理不同节点之间地电平偏移的问题。这意味着，每个节点根据自己的地电平都可以“看见”不同单端总线的电压，但差动的总线电压未受影响。

根据 TJA1050[3] 的数据表，CANH 允许的最大单端电压是+12V，而 CANL 允许的最大单端电压是-12V。这个范围内的单端总线电压保证了差动接收器的阈值电压位于 0.5V~0.9V 之间。这个允许的单端电压范围就是差动收发器的普通模式范围。ISO 11898 定义的普通模式范围是-2V~+7V。所以，TJA1050 根据 ISO 11898 提供了一个扩展的普通模式范围。

轻微地超出定义的普通模式范围不会立即引起通讯故障，但显著的超出就要避免。因此，地电平偏移的容差要受到限制。普通模式范围和允许最大地电平偏移之间的关系在图 6.1 和 6.2 中显示。

图 6.1 是发送节点 2 的地电平比接收节点 1 的地电平高的情况。在这种情况下，根据接收节点的地电平，允许的最大地电平偏移符合 CANH 最大是 12V 的单端电压。从图 6.1 可以看到，允许的最大地电平偏移是 8V (GND_{Trans} - GND_{Rec})。

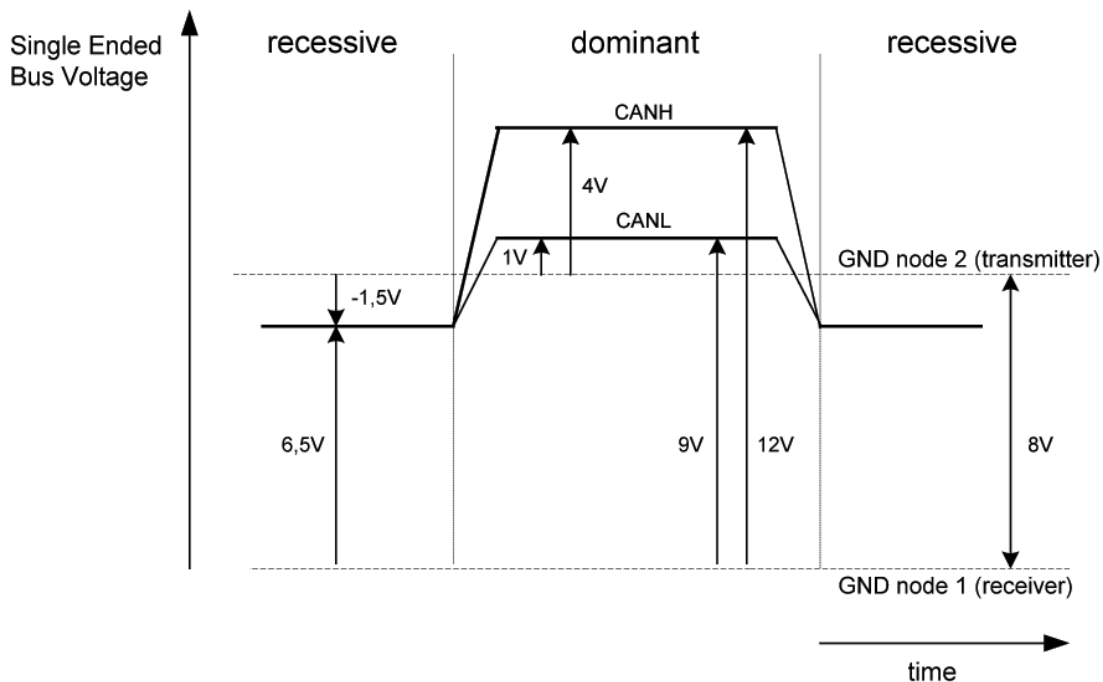


图 6.1 发送节点 2 的地电平比接收节点 1 高的情况

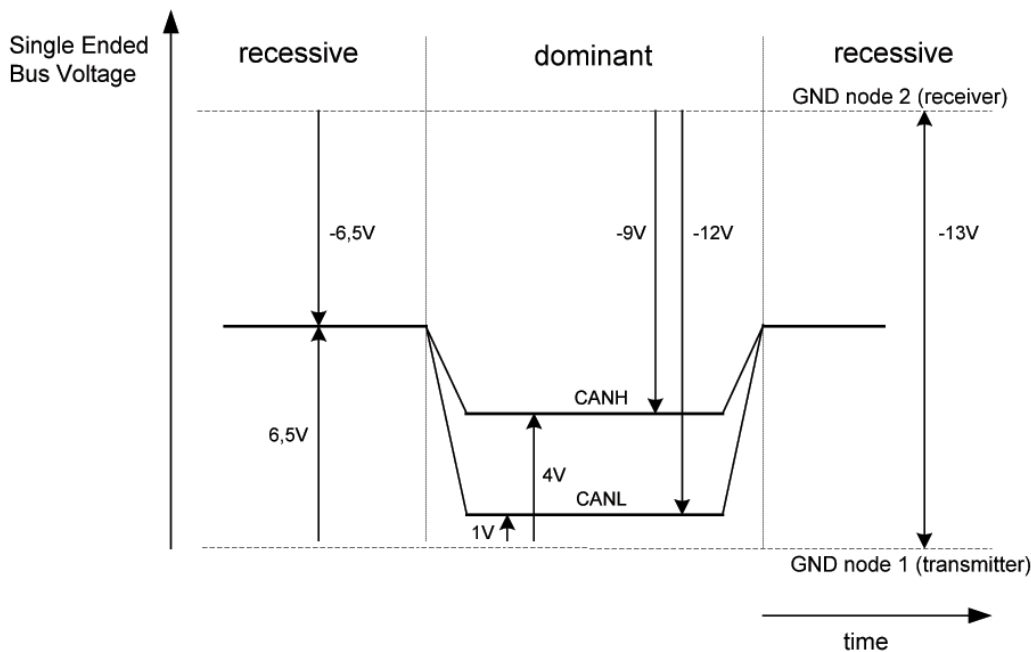


图 6.2 发送节点 1 的地电平比接收节点 2 高的情况

图 6.2 显示的是发送节点 1 的地电平比接收节点 2 低的情况。在这种情况下，根据接收节点的地电平，允许的最大的地电平偏移要符合 CANL 最小的单端电压-12V。从图 6.1 可以看到，允许的最大地电平偏移是-13V ($GND_{Trans} - GND_{Rec}$)。由于每个节点在系统中都可以暂时作为发送器，TJA1050 任何两个节点间允许的最大地电平偏移限制为 8V。

在隐性总线状态中，每个节点都根据它们的偏置和地电平拉总线，此时就产生了一个平均的隐性总线电压。在图 6.1 的例子中，接收节点地电平的隐性电平是 6.5V 左右，而发送节点地电平的隐性电平则是 -1.5V。

图 6.1 和图 6.2 这两个例子，显示了总线系统中的地电平偏移，它明显扰乱了 CANH 和 CANL 隐性电平电压的对称性。这就意味着将产生不希望的普通模式信号，使系统的电磁辐射增强。由于辐射对地电平偏移非常敏感，相应的系统器件要注意防止地电平偏移源。

7. 不上电的收发器

今天的汽车应用可被划分成系统（只有在点火的时候活动）和应用（点火之后仍然要工作，譬如停车）。这将区分由 clamp-15（点火）或 clamp-30（电池）供电的局部网络。当汽车点火后，clamp-15 的节点是不上电的，而 clamp-30 的节点是持续供电的。典型的电源配置请看图 7.1。

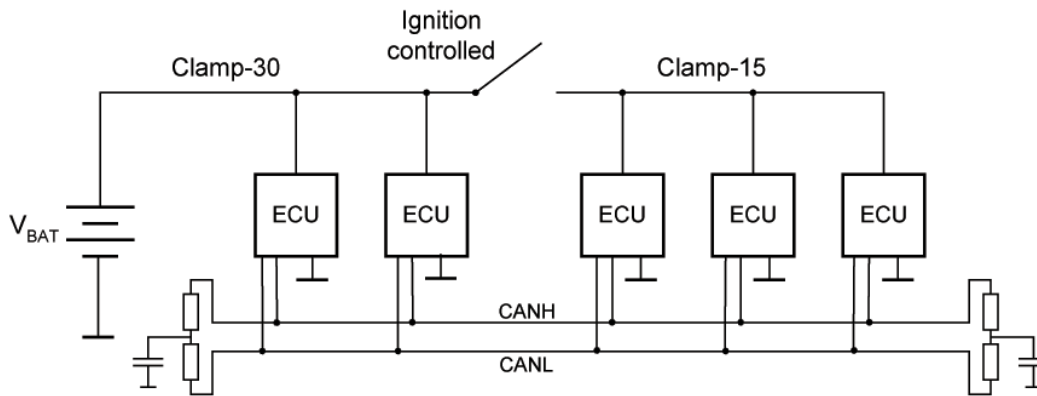


图 7.1 典型的电源配置

上面提到的局部网络的概念要求：不上电的 clamp-15 收发器必须不能降低系统的性能。从总线流入不上电收发器的反向电流要尽量低。TJA1050 优化成有最低的反向电流，因此被预定用于 clamp-15 节点。

在不上电的时候，收发器要处理下面的问题：

- 普通模式信号的非对称偏置
- RXD 显性箝位
- 与 Vcc 逆向的电源

上面的问题将在接下来的章节中讨论。

7.1 普通模式电压的非对称偏置

原理上，图 7.2 中的电路根据显性状态的总线电平，给普通模式电压提供对称的偏置。因此，在隐性状态中，总线电压偏置到对称的 $V_{CC}/2$ 。

在不上电的情况下，内部偏置电路是总线向收发器产生显著反向电流的原因。结果，隐性状态下的 DC 电压电平和普通模式电压都下降到低于 $V_{CC}/2$ 的对称电压。由于 TJA1050 的设计在不上电的情况下，不会向总线拉电流。因此，和 PCA82C250 相比，TJA1050 的反向电流减少了大约 10%。

有很大反向电流的早期收发器的情况如图 7.3 所示。它显示了在报文开始的时候，CANH 和 CANL 的单端总线电压。同时也显示了相应的普通模式电压。

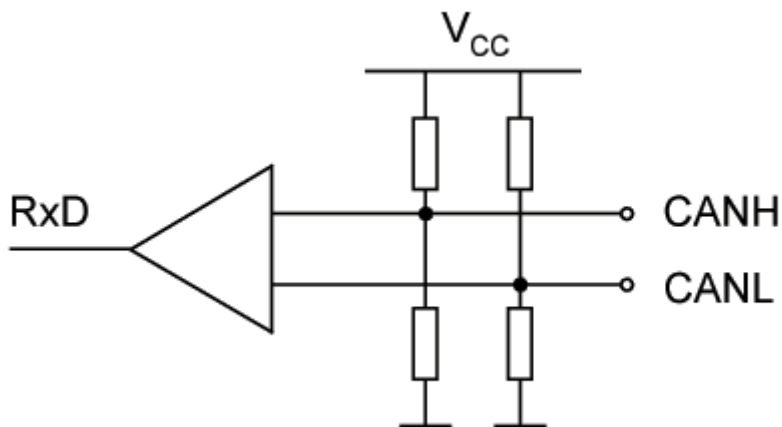


图 7.2 接收器输入的简化偏置电路

在长时间的隐性总线状态（总线空闲）后，普通模式电压显著地低于 $V_{CC}/2$ 的额定值。在 CAN 报文的第一个显性位中（帧起始位），普通模式电压恢复。由于相关的普通模式阻抗很大，因此在 CAN 帧的隐性总线状态中，普通模式电压没有显著的下降。这就意味着，明显的普通模式信号只在 CAN 报文开始的时候出现，而且和 CAN 报文有同样的频率。这些普通模式信号会增加电磁辐射。显性电平一次谐波的频率和发送 CAN 报文的频率一样。由于不上电的收发器 TJA1050 有非常低的反向电流，所以它不会降低系统的辐射性能。

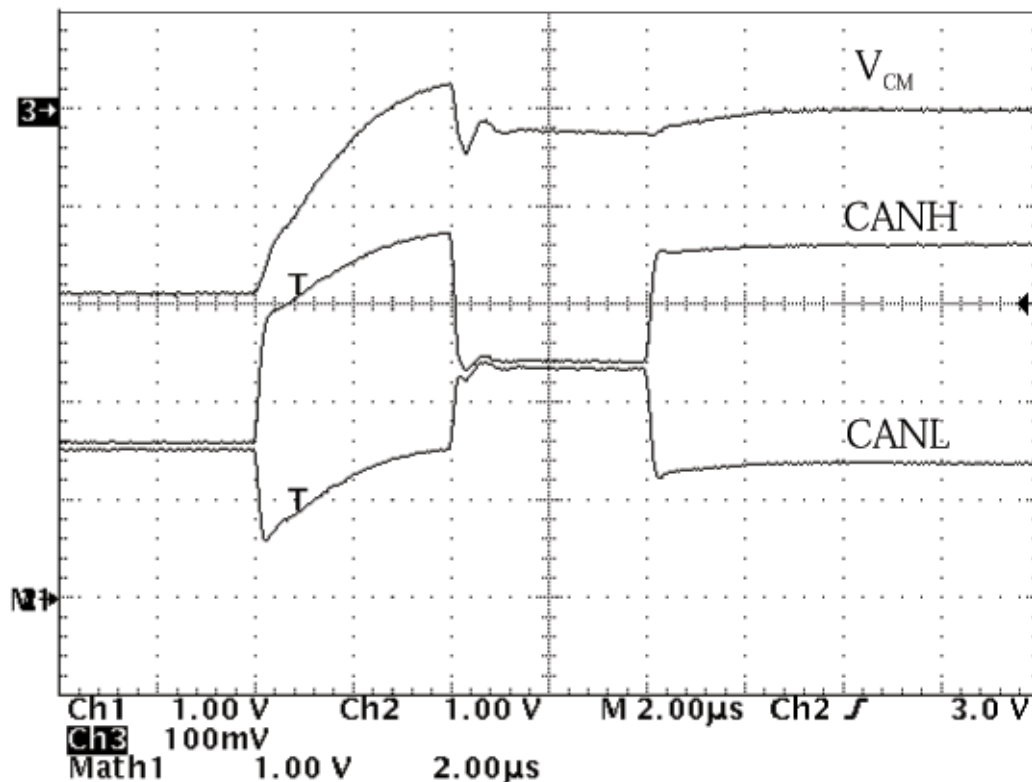


图 7.3 有显著反向电流的早期收发器的总线电压

当系统中有越来越多的不上电节点时（总体的反向电流很大），普通模式电压的不对称偏置变得非常明显。在大量的不上电节点的时候，要获得优化的 EMC 性能，我们建议用一个外部的偏置电路将普通模式

电压稳定在 $V_{CC}/2$ 。图 7.4 显示了外部偏置电路，它由电阻 R_1 和 R_2 ，以及分裂终端组成。 R_1 和 R_2 的电阻值（分别是 $R_{T/2}$ ）应非常接近。 R_1 和 R_2 阻值的合理范围是 $1k\Omega \sim 2k\Omega$ 。上面的外部偏置概念只适合 clamp-30 节点，因为它们是一直上电的。

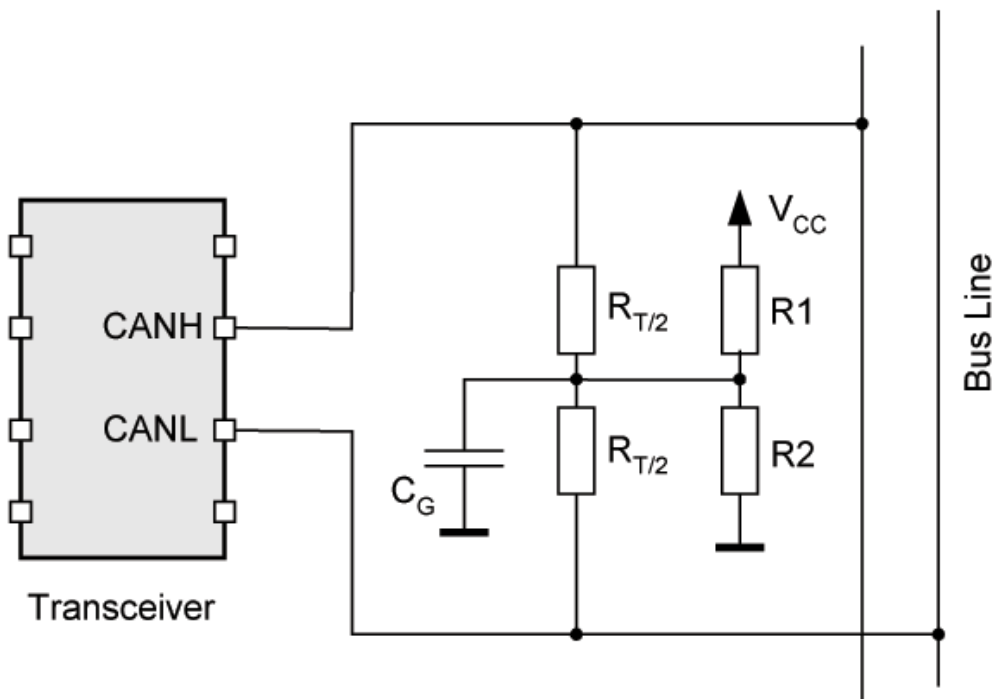


图 7.4 外部偏置电路

7.2 RxD 显性箝位

关于不上电收发器的另外一个重要问题在图 7.5 中显示。在一些应用中，为了获得较低的功耗，收发器是不上电的，而仍然上电的微控制器 / CAN 控制器则进入准备模式。

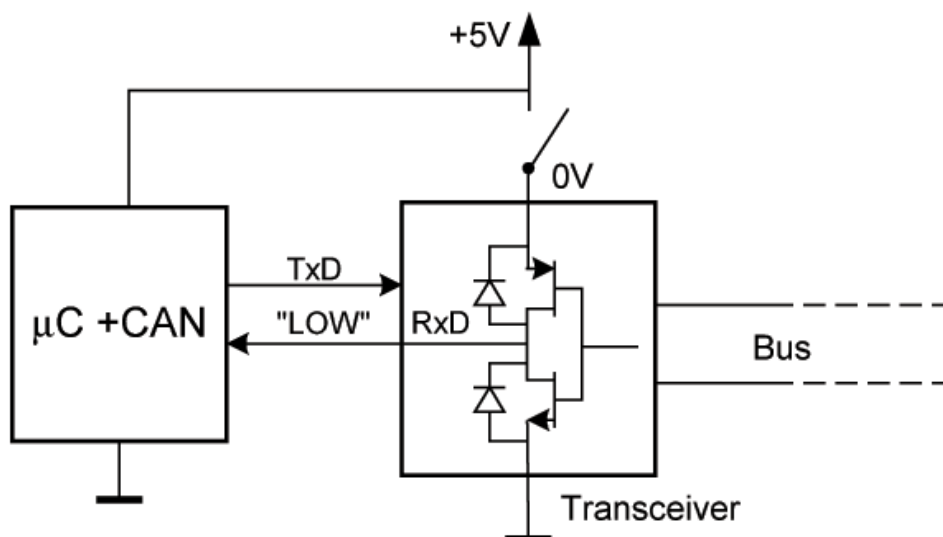


图 7.5 不上电收发器的 RxD 显性箝位

收发器在不上电的时候通常将 RxD 的电平拉到 GND，这样 RxD 就被箝位到显性电平。这在 CAN 控制器看来是一个持续的唤醒信号。所以，当收发器不上电的时候，不能使 CAN 控制器进入准备模式。

TJA1050 在不上电的情况下, 可以将 RxD 引脚悬空, 这样就克服了 RxD 显性箝位的问题。现在, CAN 控制器中一个集成的 RxD 上拉电阻足以将 RxD 拉到隐性电平。但如果需要, 也可以再加一个外部上拉电阻。

7.3 与 Vcc 反向的电源

流入不上电收发器的反向电流通常会产生和 Vcc 反向的电源, 我们不希望出现这种情况, 因为可能产生一些意外的情况。在收发器不上电, 而微控制器 / CAN 控制器仍然上电的情况下, 主要有 4 个反向电流的通路。

- 反向电流从高电平的 RxD 流向 Vcc
- 反向电流从高电平的 TxD 流向 Vcc
- 反向电流从高电平的引脚 “S” 流向 Vcc
- 反向电流从总线线路流向 Vcc 和 GND

上面的头三条路径已经完全被 TJA1050 消除了。总线线路上的反向电流显著下降。结果, TJA1050 中 Vcc 可能的反向电源电压显著的比 PCA82C250 低。因此, 在同样 Vcc 供电的情况下, 剩下的反向电源电压将不足以产生一些对器件不确定的行为。

8. 用 TJA1050 代替 PCA82C250

由于 PCA82C250 和 TJA1050 总体的引脚和功能都兼容, 所以用 TJA1050 替代现有应用中的 PCA82C250 变得非常简单。但在替代的过程中要注意两个不同的问题: 互操作性和兼容性。互操作性是指 PCA82C250 和 TJA1050 在同一个总线系统中一起工作的能力, 而兼容性则包括: 引脚、工作模式、电源电压范围、与总线接口以及 CAN 控制器、外部电路等等。

由于 PCA82C250 和 TJA1050 都符合 ISO 11898 标准, 这就保证了这两个收发器可以互操作, 因此可以在同一个总线网络中一起工作。在下面的章节中, 我们将讨论兼容性的问题。

8.1 引脚

PCA82C250 和 TJA1050 的引脚相同。因此, 在大多数情况下, TJA1050 也可以使用为 PCA82C250 开发的 PCB。

8.2 工作模式

这些收发器都使用引脚 8 作为模式选择。但 TJA1050 不支持 PCA82C250 的斜率控制模式。所以, 不再需要原来在 PCA82C250 引脚 8 上, 用于调节斜率的电阻。在 PCA82C250 引脚 8 上加高电平, 将激活减少电流消耗的准备模式[4]。TJA1050 的静音模式和 PCA82C250 的准备模式相似, 它也可以禁能发送器, 但不减少电流的消耗。将 TJA1050 的引脚 8 置高电平就可以进入静音模式。如果在这两个收发器的引脚 8 加低电平, 它们都进入高速模式。

8.3 斜率控制电阻

斜率控制电阻是否要被移去, 由应用决定。这里有两种不同的情况:

1. 如果斜率控制电阻直接连接到 GND, 电阻可以不被移去。
2. 如果斜率控制电阻连接到微控制器的一个输出端口, 让以前的应用 (使用 PCA82C250) 可以在斜率控制模式和准备模式之间转换, 这个电阻在使用 TJA1050 的应用中要被移去, 否则不能在高速模式和静音模式之间切换。

8.4 接口

TJA1050 和控制器的接口可以像平常一样, 串行数字信号流输入 TxD, 从 RxD 输出信号流。但这里

要注意，为了保证 3.3V 电源供电的控制器可以驱动 TJA1050 的输入，TxD 和引脚“S”的输入阈值都有一定的下降。TJA1050 同时也支持 5V 电源供电的传统微控制器。

下面的表 8.1 总结了用 TJA1050 替代 PCA82C250 要注意的兼容性问题。

表 8.1 TJA1050 和 PCA82C250 之间的比较

特性	TJA1050	PCA82C250
互操作性 / ISO 11898	√	√
引脚兼容性	√	√
工作模式： 引脚 8 高电平 引脚 8 低电平 引脚 8 上的电阻连接到 GND 悬空引脚 8	静音模式 高速模式 高速模式 高速模式	准备模式 高速模式 斜率控制模式 高速模式
电源电压容差	±5%	±10%
不上电时无源	是	否
TxD 显性保护	是	否
最小的位速率	60kbit/s	0kbit/s
3.3V/I/O 兼容性	是	否

9. 总线网络的问题

本章将讲述像最大节点数量、最大总线线路长度和拓扑结构方面的问题。特别是拓扑结构，它对系统的性能有显著的影响。

9.1 最大节点数量

可以连接到总线上的节点数量，是由收发器可以驱动的最小负载阻抗决定的。在 $V_{CC} > 4.75V$ 时，TJA1050 收发器的输出驱动能力可达最小 $R_{L,min} = 45\Omega$ 的负载。整个总线的负载是由终端电阻 R_T 、总线线路阻抗 R_w 和收发器的差动输入阻抗 R_{diff} 定义。图 9.1 就是一个总线系统的直流电路模型。在最差的情况下，总线线路阻抗 R_w 可以认为是 0。这就得出了下面用来计算最大节点数量的关系式：

$$\frac{R_{T,min} \times R_{diff,min}}{n_{max} \times R_{T,min} + 2R_{diff,min}} > R_{L,min} \Rightarrow n_{max} < R_{diff,min} \times \left(\frac{1}{R_{L,min}} - \frac{2}{R_{T,min}} \right)$$

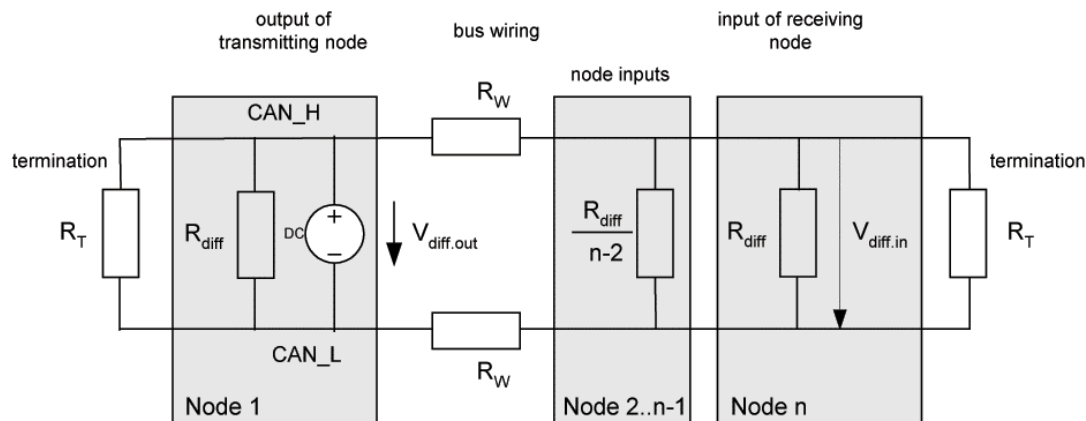


图 9.1 根据 ISO 11898 的总线系统 DC 电路模型

图 9.1 是有两个差分端接电阻的最大节点数量。注意：连接大量的节点要求相关的端电阻也很大。

表 9.1 最大节点数量

收发器	$R_{diff.min}$ (k Ω)	$V_{cc.min}$ (V)	$R_{L.min}$ (Ω)	节点的数量 ($R_{T.min}=118\Omega$)	节点的数量 ($R_{T.min}=130\Omega$)
TJA1050	25	4.75	45	131	170
		4.9	39	217	256
PCA82C250	20	4.9	45	105	136

9.2 最大总线线路长度

CAN 网络中可使用的最大总线线路长度基本上是由下面几个物理条件决定：

1. 连接的总线节点的循环延迟（CAN 控制器、收发器等等）以及总线线路的延迟
2. 节点之间的相关振荡器容差
3. 由于总线电缆的串联电阻造成的信号幅值下降以及总线节点的输入阻抗（详细的描述请参考[6]）

条件 1 和 2 在 CAN 位定时方面决定了最大总线线路长度的值。另一方面，条件 3 在总线线路输出信号降的方面决定了最大总线线路长度的值。两个值之中的最小值作为实际的允许最大总线线路长度。由于信号降只在很长的线路长度中变得很明显，所以在数据传送速率非常高的情况下，条件 3 可以忽略。

表 9.2 一些标准和 TJA1050 的最大总线线路长度

规范	数据速率	
	500kbit/s	250kbit/s
SAE J2284	30m	-
DeviceNet	100m	250m
TJA1050	107m	270m

表 9.2 给出了在位速率是 500kbit/s 和 250kbit/s 下的的最大总线线路长度，以及在一些 CAN 标准中定义的最大线路长度的值。这个计算用了条件 1 和 2，并假设振荡器容差低于 0.15%。要注意，设定值只能用在端接非常好的线形拓扑结构中。由于不适当端接造成的信号质量差将降低允许的最大总线长度。

9.3 拓扑结构方面

拓扑结构描述了线束的结构。典型的结构有总线形、星形和多星形。在汽车系统中，经常使用屏蔽或非屏蔽的双绞线作为传输线路。传输线路由下面的参数来描述：长度相关的电阻 R_{Length} 、特定的线路延迟 t_{delay} 和特征线路阻抗 Z 。表 9.3 列出了由 ISO 11898 和 SAE J2284 标准[7]定义的物理媒体参数。注意，SAE J2284 还额外定义了双绞线的对绞率(twist rate)。

表 9.3 双绞线（屏蔽或非屏蔽）的物理媒体参数

参数	符号	单位	ISO11 898			SAE J2284		
			最小值	额定值	最大值	最小值	额定值	最大值
阻抗	Z	Ω	108	120	132	108	120	132
长度相关的电阻	R	m Ω /m	-	70	-	-	70	-
特定的线路延迟	t_{delay}	ns/m	-	5	-	-	5.5	-
Twist rate	rtwist	twist/m	-	-	-	33	-	50

9.3.1 由于信号反射造成的振荡

传输线路必须端接线路特征阻抗，否则将在总线上产生信号反射，产生明显的振荡。此时要选择将反射降到最低的拓扑结构。通常，拓扑结构是反射和线路限制条件之间的平衡。

由于 CAN 有一些有用的协议工具，所以可以很好地处理反射振荡：

1. 只有隐性到显性的切换才能用于重新同步
2. 重新同步一次只能在两个采样点之间采样到隐性位时才能进行
3. 采样点定义在接近位定时的末端

9.3.2 线形拓扑

通常，CAN 高速标准 ISO 11898 定义了一个单线结构的拓扑。总线线路的两个终端都端接一个终端电阻。节点都通过没有端接的下接电缆或 stub 连接到总线。为了使振荡的过程比位定时短，stub 的长度应该尽量短。举个例子，ISO 11898 标准限制了 stub 的长度是 0.3m。相应的 SAE J2284 标准则建议 stub 的长度低于 1m。为了减少驻波，ECU 在网络中放置的空间不应该相等，而且电缆的尾长也不应该相同[7]。表 9.4 和图 9.2 显示了 SAE J2284 标准的拓扑结构要求。

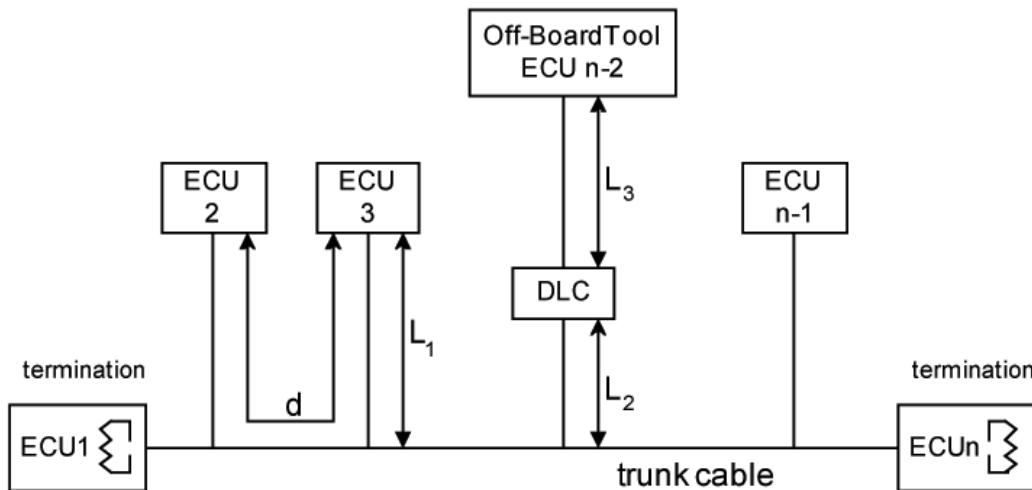


图 9.2 SAE J2284 的拓扑结构要求

由于有时候需要更长的 stub，所以实际上这个拓扑结构可能会有一些改变。允许的最大 stub 长度基本上是由位定时参数、干线电缆长度和累计的下接电缆长度决定。单凭经验，允许 stub 最大长度的计算的可以参考[6]。

星形拓扑结构在 ISO 11898 和 SAE J2284 中都没有叙述。但是，它有时候也在汽车中使用以克服汽车中的线路限制。通常，信号在星形拓扑中比线形拓扑中更完整。建议，对于应用中每个特定的拓扑结构，应在系统建立时通过仿真或测量确定其可行性。

表 9.4 SAE J2284 的 ECU 拓扑要求

参数	助记符	单位	最小值	额定值	最大值
ECU 电缆 stub 长度	L1	m	0	-	1
汽车内 DLC 电缆 stub 长度	L2	m	0	-	1
板外 DLC 电缆 stub 长度	L3	m	0	-	5
两个 ECU 之间的距离	d	m	0.1	-	30

10. 参考文献

- [1] Road Vehicles . Interchange of Digital Information - Controller Area Network (CAN) for highspeed communication, ISO11898, International Standardization Organization, 1993
(Review planned to be published in 2000)
- [2] Data Sheet SJA1000, Stand-alone CAN Controller, Philips Semiconductors, January 2000
- [3] Data Sheet TJA1050, High Speed CAN transceiver, Philips Semiconductors, May 2000
- [4] Data Sheet PCA82C250, CAN Controller Interface, Philips Semiconductors, January 2000
- [5] Application Note AN97046, Determination of Bit Timing Parameters for the CAN Controller SJA1000, Philips Semiconductors, 1997
- [6] Application Note AN96116, PCA82C250/251 CAN Transceiver, Philips Semiconductors, 1996
- [7] High Speed CAN (HSC) for Vehicle Applications at 500kbps, SAE J2284, 1999