

SPC11x8/SPD11x8 基于 SIO 的 CAN 系统样例

Revision 1.4 – September 2019

目录

1	基于 SIO 的 CAN 网络测试 1: 多节点测试	5
1.1	系统概述	5
1.2	节点配置	5
1.3	操作过程	6
1.4	测试结果	6
1.4.1	最大延时	6
1.4.2	仲裁.....	8
2	基于 SIO 的 CAN 网络测试 2: 延时测试	9
2.1	系统概述	9
2.2	操作过程	9
2.3	测试结果	9
2.3.1	最大延时	9
2.3.2	位时序（位时序参数配置）	13
1	修订记录	17

表格列表

表 1-1: 文档修订记录	17
---------------------	----

图片列表

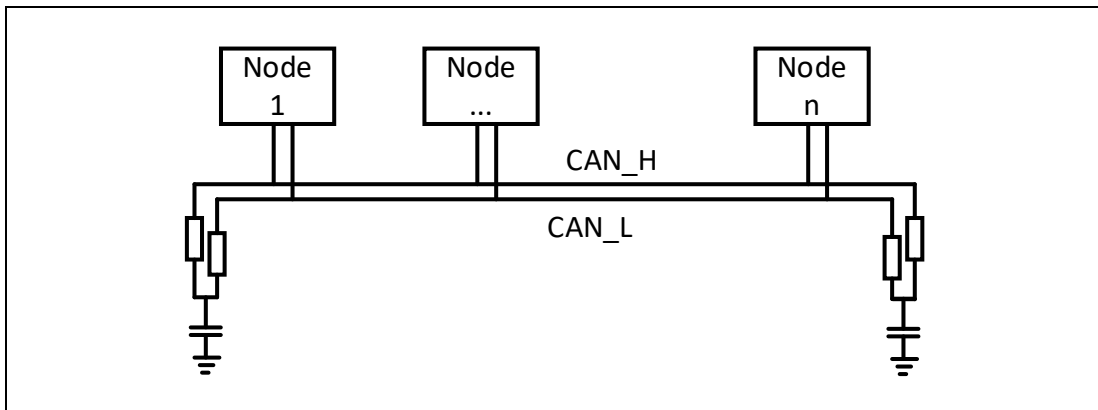
图 1-1: CAN 系统网络拓扑结构.....	5
图 1-2: CAN 时序配置	6
图 1-3: 900 米延时分析	7
图 1-4: 仲裁	8
图 2-1: 1 米信号传输延时分析.....	9
图 2-2: 500 米信号传输延时分析.....	10
图 2-3: 600 米信号传输延时分析.....	11
图 2-4: 700 米信号传输延时分析.....	11
图 2-5: 800 米信号传输延时分析.....	12
图 2-6: 900 米信号传输延时分析.....	12
图 2-7: 距离和延时关系（取最大值）	13
图 2-8: 位时序为 19333, 900 米距离, 节点 1 为发送器.....	14
图 2-9: 位时序为 19333, 900 米距离, 节点 2 为发送器.....	14
图 2-10: 位时序为 111222, 900 米距离, 节点 1 为发送器	15
图 2-11: 位时序为 111222, 900 米距离, 节点 2 为发送器	15
图 2-12: 位时序为 19333, 500 米距离, 节点 2 为发送器	15
图 2-13: 位时序为 19333, 500 米距离, 节点 2 为发送器（图 2-12 局部放大）	15
图 2-14: 位时序为 17442, 500 米距离, 节点 1 为发送器	16
图 2-15: 位时序为 17442, 500 米距离, 节点 2 为发送器	16

1 基于 SIO 的 CAN 网络测试 1: 多节点测试

1.1 系统概述

如图 1-1 所示, 样例中, CAN 系统网络结构主要由并联在总线上的多个节点组成。相邻节点之间相距 100 米左右, 总共 10 个节点, 首尾节点相距 900 米。终端匹配电阻为 120 欧姆, 并且采用分裂终端方式连接。

图 1-1: CAN 系统网络拓扑结构



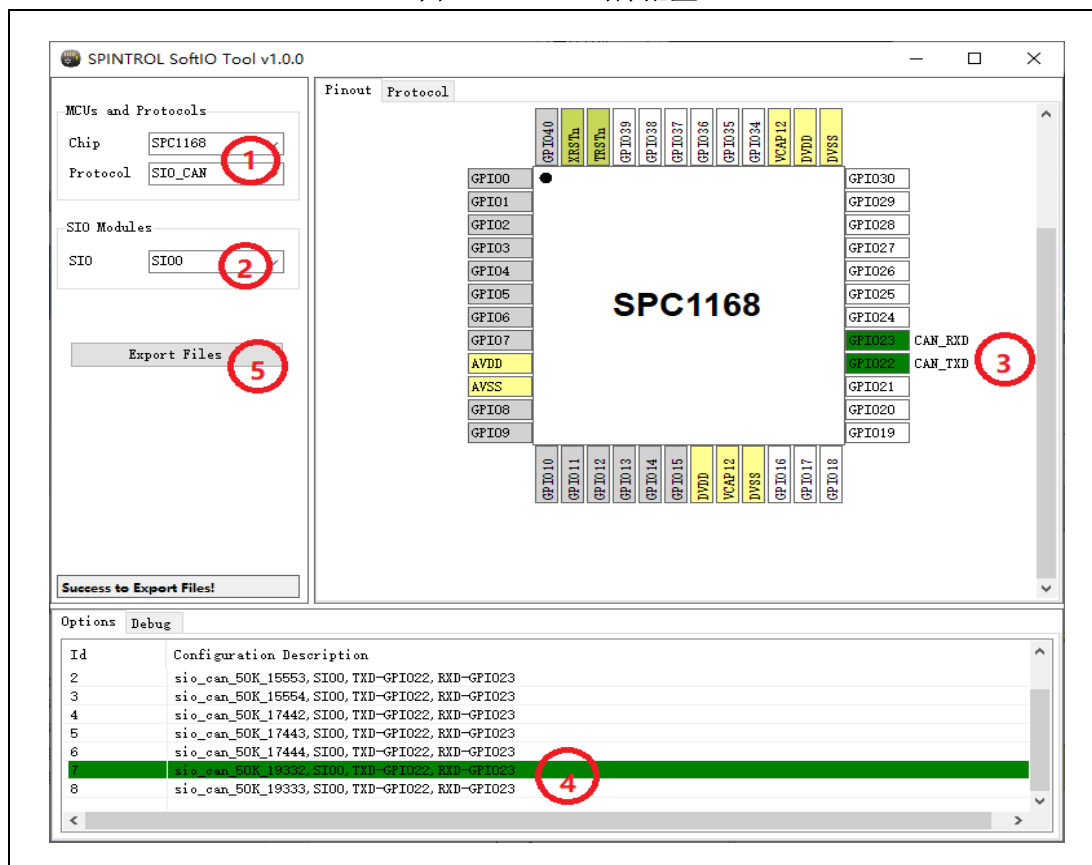
1.2 节点配置

节点参数配置如下:

- 通信速率 50Kbps;
- 位时序配置为 111222, 即,
同步段 1Tq;
传播时间段和相位缓冲段 1 共 13Tq;
相位缓冲段 2 占据 2Tq;
再同步补偿宽度为 2Tq;
- 具有 1 个主节点, 通过串口受上位机控制。
- 每个节点都有自己的 ID 号, 当接收到的数据 ID 匹配, 并且为远程帧, 则发送数据帧, 报告节点状态 (错误计数, 错误状态等);

时序配置如图 1-2 所示。

图 1-2: CAN 时序配置



1.3 操作过程

- 步骤 1: 连接 CAN 网络节点，并配置各个节点。
- 步骤 2: 系统上电运行。
- 步骤 3: PC 通过串口控制主节点发送 CAN 数据。同时通过逻辑分析仪抓取总线信号。
- 步骤 4: 分析数据。
- 步骤 5: 结束。

1.4 测试结果

1.4.1 最大延时

逻辑分析仪抓取数据波形如图 1-3 所示:

- Channel2/3: 节点 10 收发引脚;
- Channel7/8: SIO CAN 节点 1 收发引脚;
- Channel6 为 SIO CAN 内部时钟，用于分析，时钟边沿代表 CAN 信号驱动点。
- 其余通道为其它节点收发引脚。

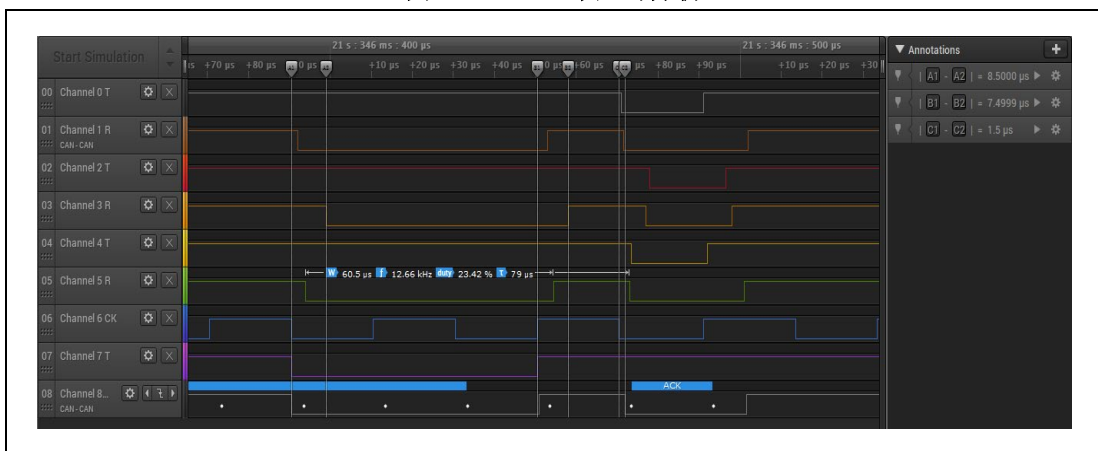
SIO CAN 系统时钟为 200MHz，发送一位数据需要 4000 个系统时钟 (50Kbps)。根据位时序配置，得到单个 T_q 时间为 1.25us，CAN 系统采样点位于 14T_q。

节点 1 和节点 10 相距 900 米。节点 1 发送数据（TX 引脚改变）到节点 10 接收到数据（RX 引脚改变），大约延时 9 μ s（7.2T_q）。因此，在节点 1 发送数据等待 ACK 信号阶段，节点 10 接收器发送 ACK 信号到节点 1 发送器接收到 ACK 信号，延时应当在 7.2*2T_q 范围内。

对于多节点网络，发送器收到 ACK 信号的延时时间，取决于离该节点最近的相邻节点（到该节点的延时时间最短的节点，若该延时太长，则发送器会产生 ACK 错误帧）以及离该节点最远的节点（到该节点的延时时间最长的节点，若该延时太长，则发送器会产生格式错误帧）。图 1-3 中，相对于节点 1 发送器的时钟，ACK 信号下降沿延时为 1.5 μ s，上升沿发生于 ACK 定界符位置，且在 ACK 定界符位置的采样点之前变为隐性位。

CAN 位时序的选择可以根据延时计算，可参考[章节 2](#)。

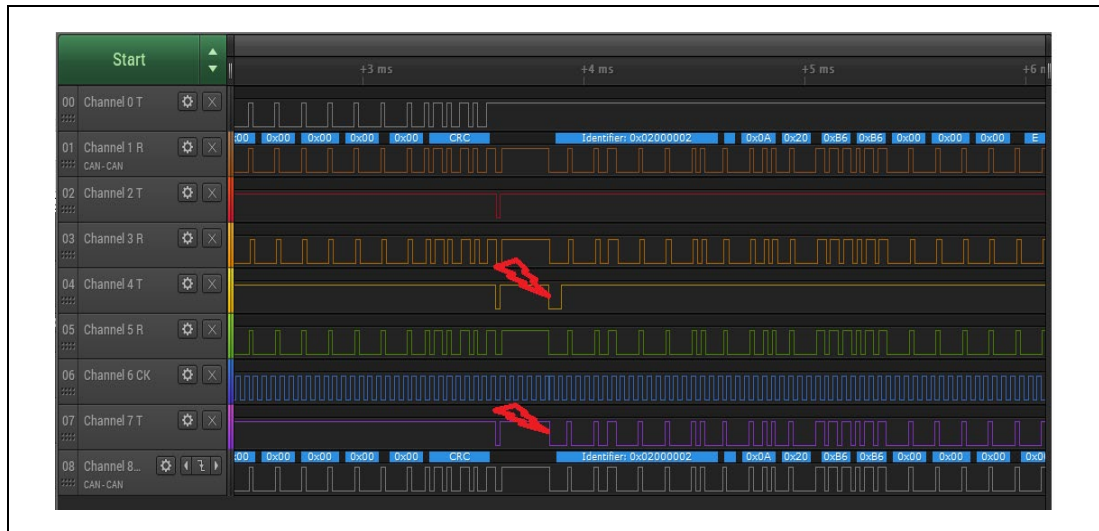
图 1-3: 900 米延时分析



1.4.2 仲裁

CAN 系统仲裁遵循 CAN2.0B 规定，ID 越小，优先级越高；标准帧优先于扩展帧；数据帧优先于远程帧。如图 1-4 所示。

图 1-4: 仲裁



2 基于 SIO 的 CAN 网络测试 2：延时测试

2.1 系统概述

延时测试只在 CAN 系统网络上保留节点 1 和节点 2（主节点）。每次测试，移动节点 2，增大和节点 1 的距离。相同距离时候，测试不同位时序参数对 CAN 网络的影响。

2.2 操作过程

- 步骤 1: 连接 CAN 网络节点，并配置各个节点。
- 步骤 2: 系统上电运行。
- 步骤 3: PC 通过串口控制主节点发送 CAN 数据。同时通过逻辑分析仪抓取总线信号。
- 步骤 4: 分析数据。
- 步骤 5: 同一距离下，位时序枚举测试完毕，跳至步骤 6；否则，修改位时序，返回步骤 1。
- 步骤 6: 增大节点距离（100 米）。若 900 米距离测试完成，跳至步骤 6；否则，返回步骤 1。
- 步骤 7: 分析并结束。

2.3 测试结果

2.3.1 最大延时

逻辑分析仪抓取数据波形中：

- Channel7/8 为 CAN 网络节点 NODE1
- Channel2/3 为 CAN 网络节点 NODE2。

定义：

- TPD_P：发送器 TX 引脚发送高电平到发送器 RX 引脚检测到高电平的时间；
- TPD_N：发送器 TX 引脚发送低电平到发送器 RX 引脚检测到低电平的时间；

接下来的内容，截取了部分距离下的延时数据分析结果。

2.3.1.1 1 米信号传输延时

NODE1: TPD_P 为 0.2us，TPD_N 为 0.1us。

NODE1 发送高电平到 NODE2 检测到高电平，延时 0.2us。

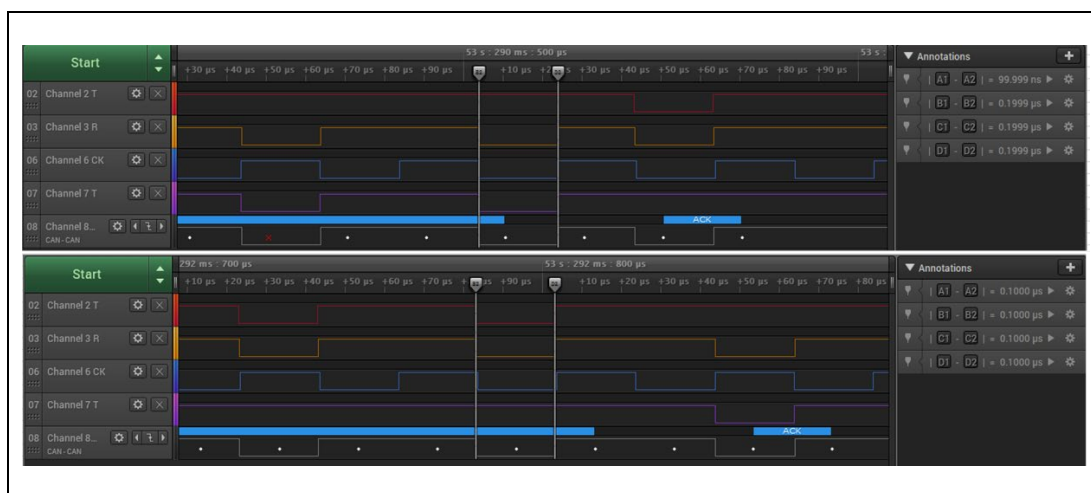
NODE1 发送低电平到 NODE2 检测到低电平，延时为 0.2us。

NODE2: TPD_P 为 0.1us，TPD_N 为 0.1us。

NODE2 发送高电平到 NODE1 检测到高电平，延时 0.1us。

NODE2 发送低电平到 NODE1 检测到低电平，延时为 0.1us。

图 2-1: 1 米信号传输延时分析



2.3.1.2 500 米信号传输延时

NODE1: TDPD 为 0.4μs, TPDN 为 0.1μs。

NODE1 发送高电平到 NODE2 检测到高电平, 延时 8.6μs。

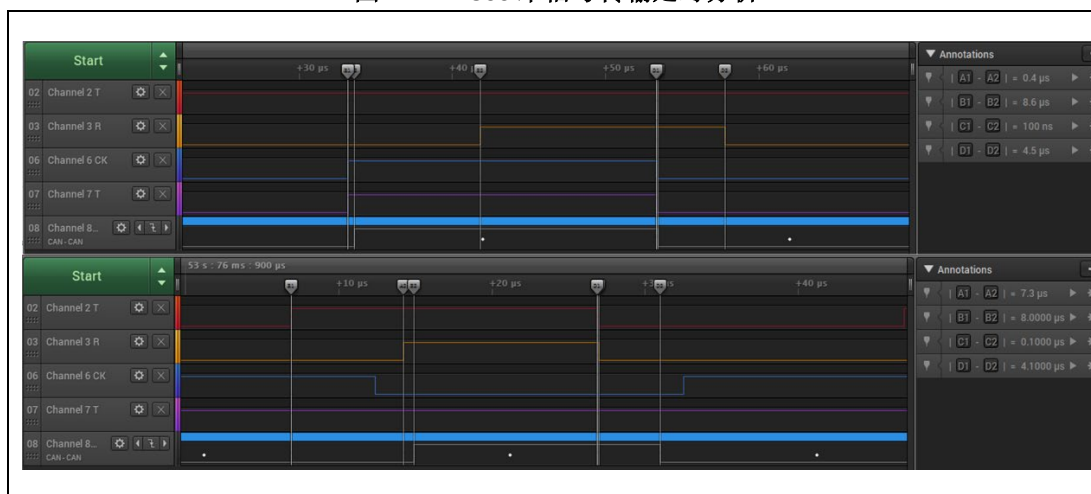
NODE1 发送低电平到 NODE2 检测到低电平, 延时为 4.5μs。

NODE2: TDPD 为 7.3μs, TPDN 为 0.1μs。

NODE2 发送高电平到 NODE1 检测到高电平, 延时 8.0μs。

NODE2 发送低电平到 NODE1 检测到低电平, 延时为 4.1μs。

图 2-2: 500 米信号传输延时分析



2.3.1.3 600 米信号传输延时

NODE1: TDPD 为 0.5μs, TPDN 为 0.2μs。

NODE1 发送高电平到 NODE2 检测到高电平, 延时 8.5μs。

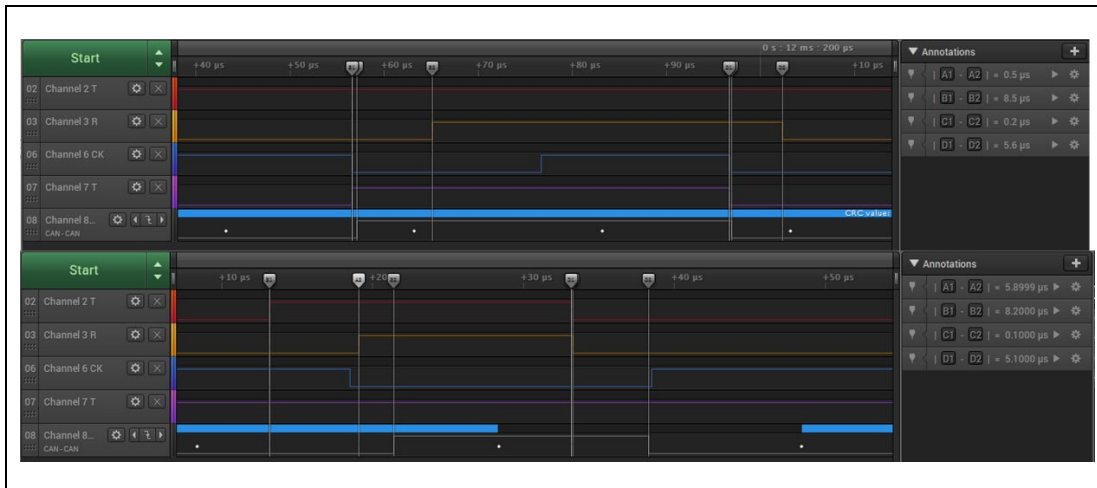
NODE1 发送低电平到 NODE2 检测到低电平, 延时为 5.6μs。

NODE2: TDPD 为 5.9μs, TPDN 为 0.1μs。

NODE2 发送高电平到 NODE1 检测到高电平, 延时 8.2μs。

NODE2 发送低电平到 NODE1 检测到低电平, 延时为 5.1μs。

图 2-3: 600 米信号传输延时分析



2.3.1.4 700 米信号传输延时

NODE1: TDPD 为 0.5us, TPDN 为 0.1us。

NODE1 发送高电平到 NODE2 检测到高电平, 延时 8.2us。

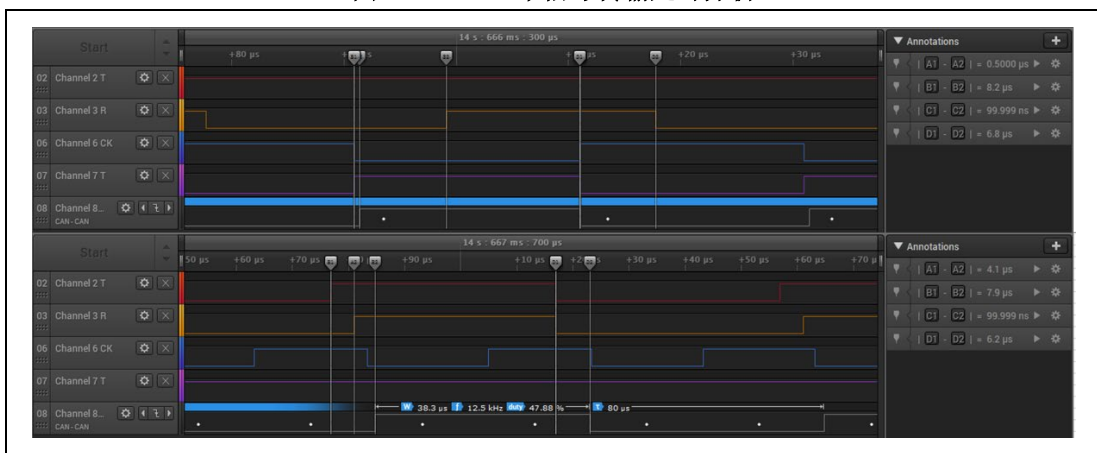
NODE1 发送低电平到 NODE2 检测到低电平, 延时为 6.8us。

NODE2: TDPD 为 4.1us, TPDN 为 0.1us。

NODE2 发送高电平到 NODE1 检测到高电平, 延时 7.9us。

NODE2 发送低电平到 NODE1 检测到低电平, 延时为 6.2us。

图 2-4: 700 米信号传输延时分析



2.3.1.5 800 米信号传输延时

NODE1: TDPD 为 1.1us, TPDN 为 0.2us。

NODE1 发送高电平到 NODE2 检测到高电平, 延时 8.1us。

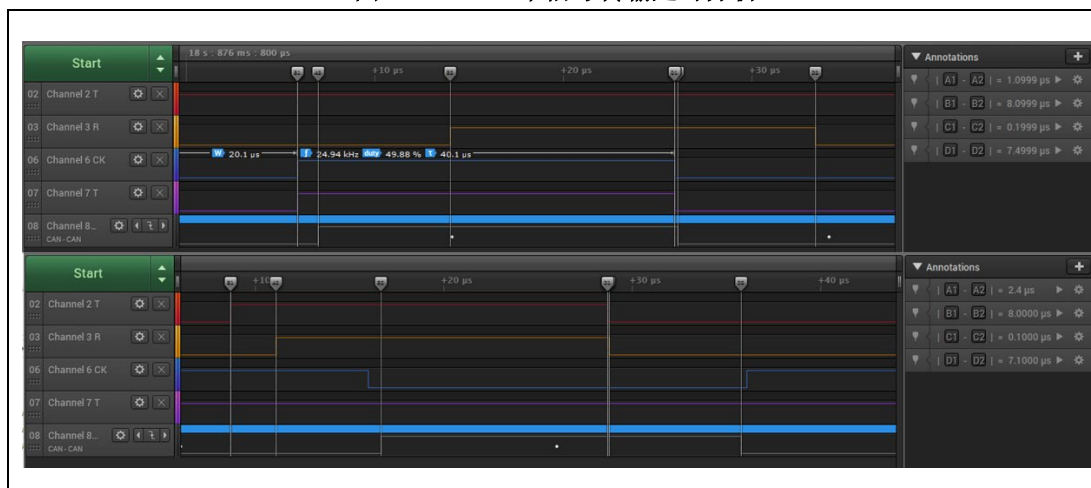
NODE1 发送低电平到 NODE2 检测到低电平, 延时为 7.5us。

NODE2: TDPD 为 2.4us, TPDN 为 0.1us。

NODE2 发送高电平到 NODE1 检测到高电平, 延时 8.0us。

NODE2 发送低电平到 NODE1 检测到低电平, 延时为 7.1us。

图 2-5: 800 米信号传输延时分析



2.3.1.6 900 米信号传输延时

NODE1: TPDN 为 1.6us, TPDN 为 0.2us。

NODE1 发送高电平到 NODE2 检测到高电平, 延时 8.2us。

NODE1 发送低电平到 NODE2 检测到低电平, 延时为 7.9us。

NODE2: TPDN 为 1.3us, TPDN 为 0.1us。

NODE2 发送高电平到 NODE1 检测到高电平, 延时 8.1us。

NODE2 发送低电平到 NODE1 检测到低电平, 延时为 7.9us。

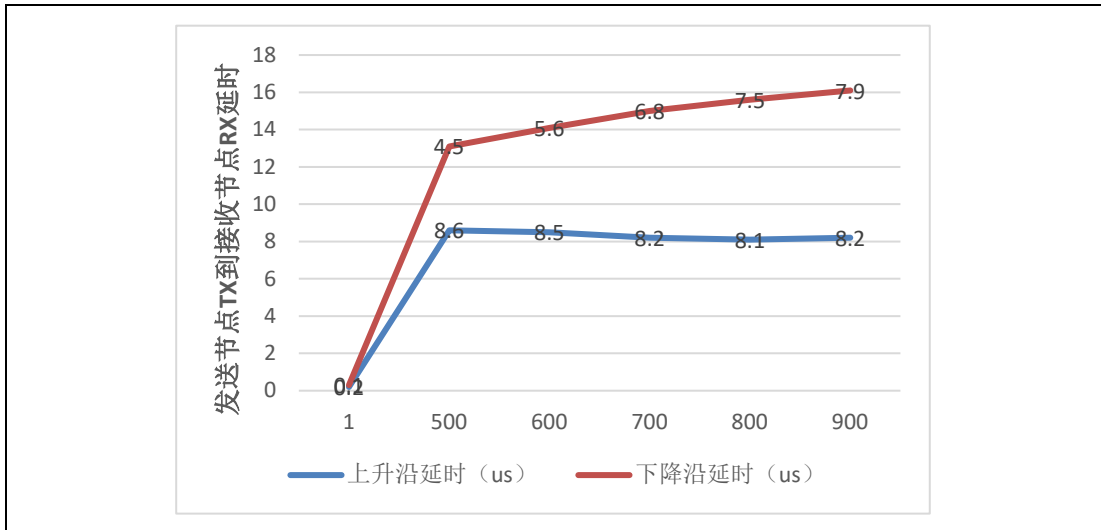
图 2-6: 900 米信号传输延时分析



2.3.1.7 结论

由图 2-1 到图 2-6，可以得到图 2-7。

图 2-7: 距离和延时关系（取最大值）



2.3.2 位时序（位时序参数配置）

当位时序配置为，传播时间段位 $9T_q$ ，相位缓冲段 1 为 $3T_q$ ，相位缓冲段 2 为 $3T_q$ ，再同步补偿宽度为 $3T_q$ ，则简记为 19333。

总线上只有节点 1 和节点 2。

2.3.2.1 Tq 调整情况 1

SIO CAN 系统时钟为 200MHz，发送一位数据需要 4000 个系统时钟（50Kbps）。位时序配置为 19333，单个 Tq 时间为 1.25us，CAN 系统采样点位于 13Tq。节点 1 和节点 2 通讯距离为 900 米。

图 2-8: 位时序为 19333，900 米距离，节点 1 为发送器

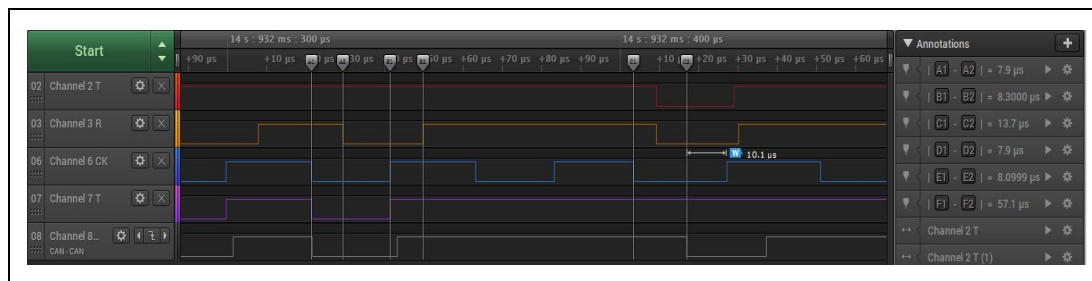
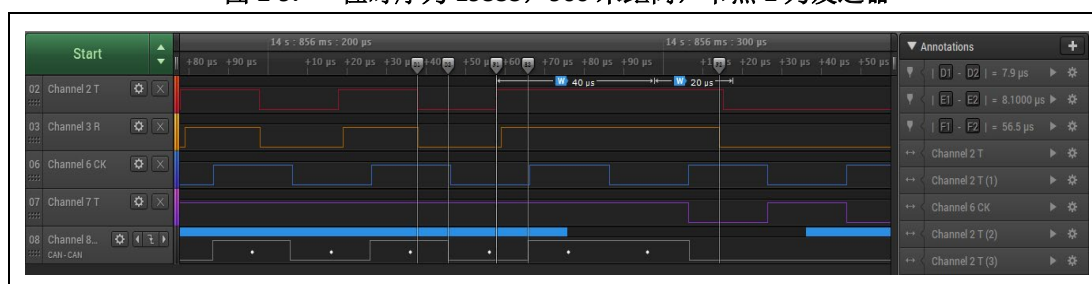


图 2-9: 位时序为 19333，900 米距离，节点 2 为发送器



该配置下，节点 1 向节点 2 发送数据成功（图 2-8），节点 2 向节点 1 发送数据失败（图 2-9），图 2-8 和图 2-9 中：

- A1-A2 为节点 1 下降沿延时；
- B1-B2 为节点 1 上升沿延时；
- C1-C2 为节点 1 应答信号延时；
- D1-D2 为节点 2 下降沿延时；
- F1(E1)-E2 为节点 2 上升沿延时；
- F1(E1)-F2 为节点 2 应答信号延时（基于应答位之前的最后一次边沿计算应答位延时）。

图 2-8 中，节点 1 发送器检测到应答位有效时候，延时为 13.7us，小于采样点时间 16.25us。

图 2-9 中，节点 2 发送器检测到应答位有效时的延时为 16.5us，大于采样点时间 16.25us，所以会生成错误帧。

根据以上分析，可以将位时序调整为 111222，采样点右移，结果如图 2-10 和图 2-11。

图 2-10 中，节点 1 发送器检测到应答位有效时候，延时为 14.5us，小于采样点时间 17.5us。图 2-11 中，节点 2 发送器检测到应答位有效时的延时为 16.3us，小于采样点时间 17.5us。

图 2-10: 位时序为 111222, 900 米距离, 节点 1 为发送器

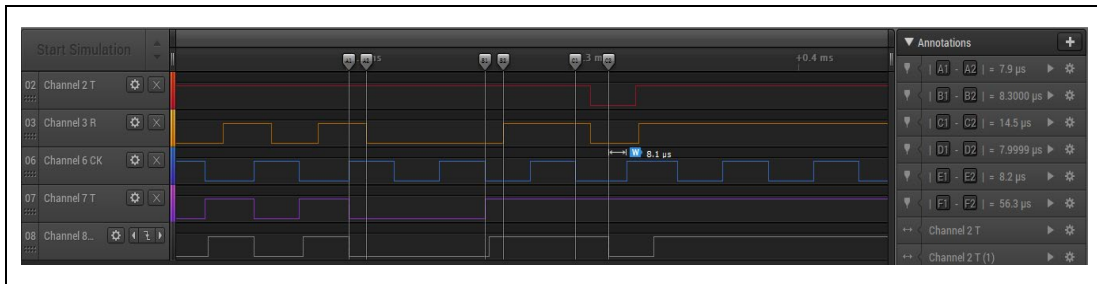
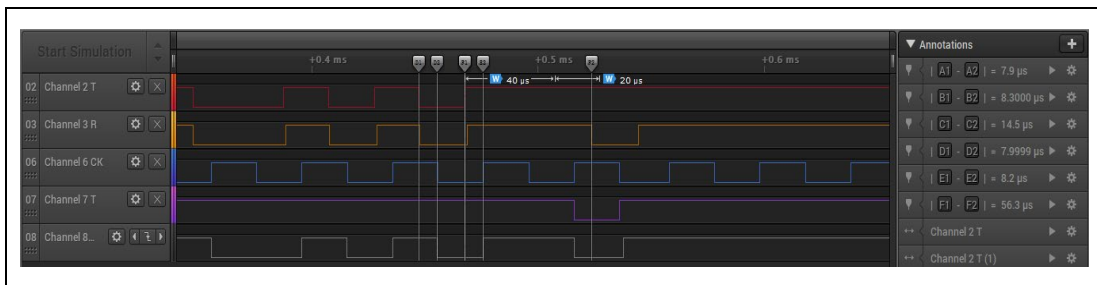


图 2-11: 位时序为 111222, 900 米距离, 节点 2 为发送器



2.3.2.2 Tq 调整情况 2

SIO CAN 系统时钟为 200MHz, 发送一位数据需要 4000 个系统时钟 (50Kbps)。位时序配置为 19333, 单个 Tq 时间为 1.25us, CAN 系统采样点位于 13Tq。节点 1 和节点 2 通讯距离为 500 米。

图 2-12: 位时序为 19333, 500 米距离, 节点 2 为发送器

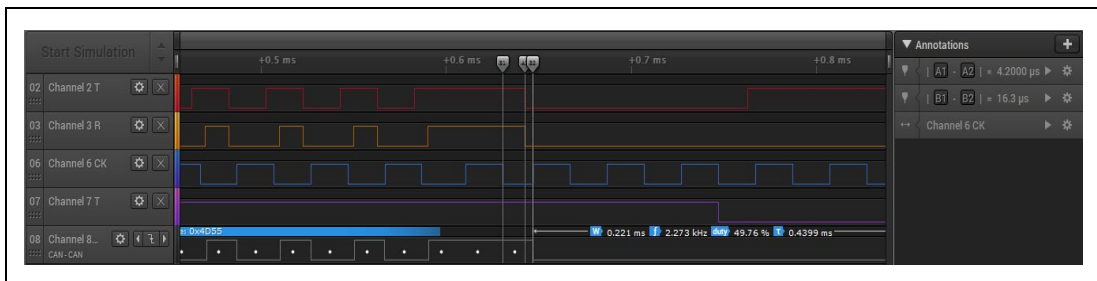
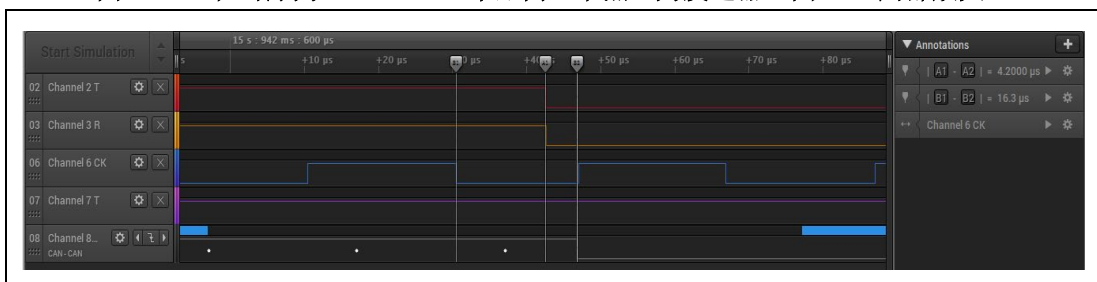


图 2-13: 位时序为 19333, 500 米距离, 节点 2 为发送器 (图 2-12 局部放大)



该配置下, 节点 1 向节点 2 发送数据成功, 节点 2 向节点 1 发送数据失败 (图 2-13), 图 2-13 中:

- A1-B2(A2)为节点 2 下降沿延时;
- B1-B2(A2)为下降沿 B2(A2)距离节点 1 该位驱动点时间。

图 2-13 中, 节点 1 收到信号 B2(A2)位置 (16.3us) 位于该位采样点 (16.25us) 附近之前, 所以

会生成错误帧。

根据以上分析，可以将位时序调整为 17442，采样点左移，结果如图 2-14 和图 2-15，

- A1-A2 为节点 1 下降沿延时；
- B1-B2 为节点 1 上升沿延时；
- C1-C2 为节点 1 应答信号延时；
- D1-D2 为节点 2 下降沿延时；
- F1(E1)-E2 为节点 2 上升沿延时；
- F1(E1)-F2 为节点 2 应答信号延时（基于应答位之前的最后一次边沿，计算应答位延时）。

图 2-14 中，节点 1 发送器检测到应答位有效时候，延时为 7.6us，小于采样点时间 15us。

图 2-15 中，节点 2 发送器检测到应答位有效时的延时为 12.6us，小于采样点时间 15us。

图 2-14: 位时序为 17442，500 米距离，节点 1 为发送器

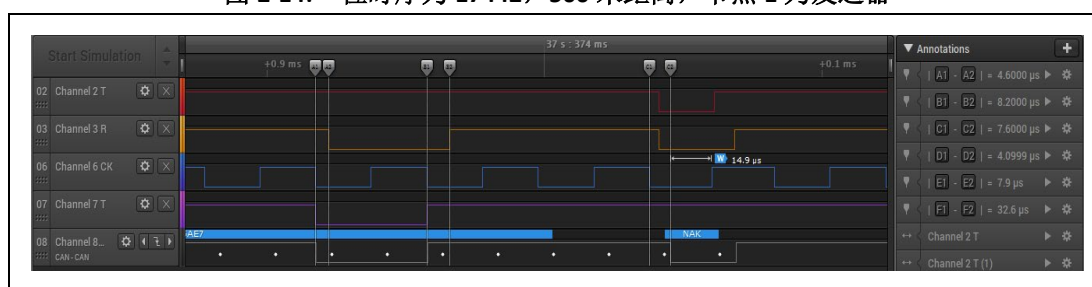
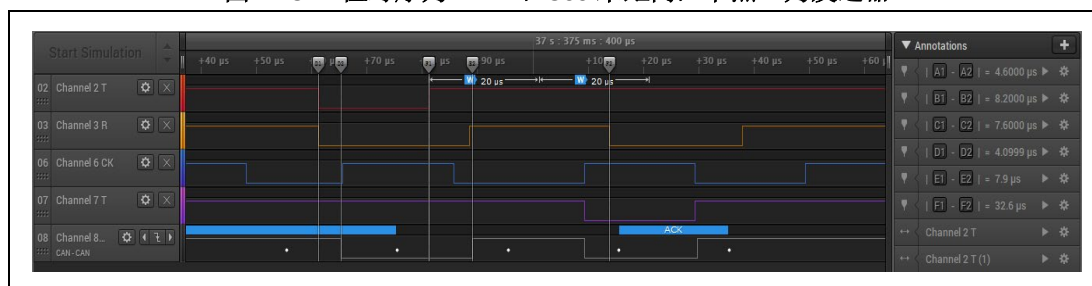


图 2-15: 位时序为 17442，500 米距离，节点 2 为发送器



1 修订记录

表 1-1: 文档修订记录

日期	版本	修改内容
2019-09-28	1	初始版本