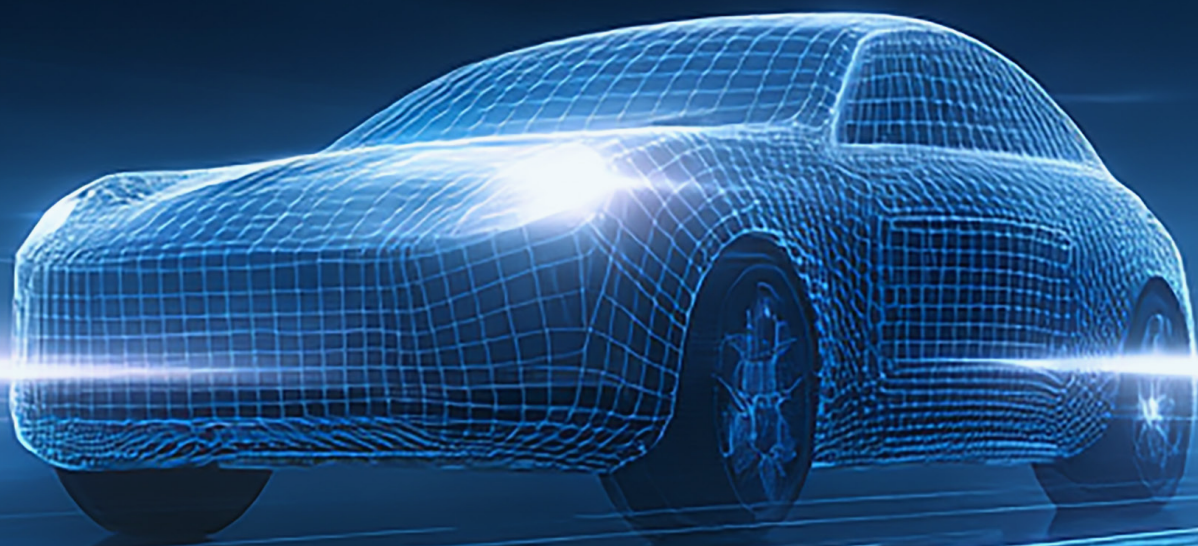


CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

AN-13-0013

作者：Lele Zhang, Fuming Deng



摘 要

CAN（Controller Area Network）总线作为汽车通信系统中最常见的串行通信协议，广泛应用于车辆电子控制单元（ECU）之间的实时数据交互。在整车网络中，往往需要使用几十个甚至上百个CAN节点进行整车模块间的数据交互，所以对于CAN接口芯片的可靠性、实时性、抗干扰能力等提出了更高的要求。纳芯微推出了一系列的CAN接口芯片，满足当前整车各种应用下的CAN接口需求。本篇应用笔记主要针对于CAN的相关时间参数对系统应用的影响进行介绍。

目 录

1. CAN动态参数介绍	2
1.1.上升/下降时间	2
1.2.传输延时时间	4
1.3.位时间	5
2. CAN采样原理介绍	8
2.1.CAN位组成	8
2.2.同步	9
2.3.传输延时补偿	10
2.4.采样点测试常见问题分析	12
3. CAN动态参数对系统的影响	16
4. 修订历史	18

CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

1.CAN动态参数介绍

ISO11898-2 标准中对CAN收发器的物理层参数（包括静态电性参数和动态时间参数）进行了规定要求，其中动态时间参数主要包括CAN的传播延时和位相关的时间参数等，这些时间参数直接影响着CAN通讯的正常与否，配合CAN协议层的要求，使得多节点、较长总线的CAN通讯网络能够正常的运行。本节详细介绍了CAN相关的几个关键动态时间参数。

1.1.上升/下降时间

CAN的上升/下降时间参数在ISO11898-2标准中并没有明确的规定，但在实际应用中上升/下降时间对CAN通讯有着重要影响（第三节详细介绍）。CAN的上升/下降时间主要包括了总线差分信号 V_{dif} 的上升/下降时间以及RXD引脚输出信号的上升/下降时间，至于TXD引脚则为外部输入信号的特性，这里不做介绍。

一般CAN信号的上升/下降时间定义如图1.1所示：

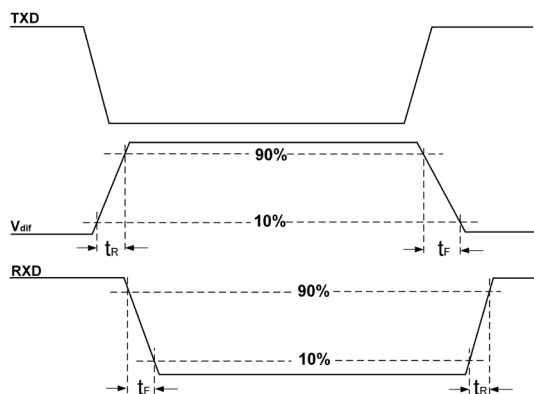
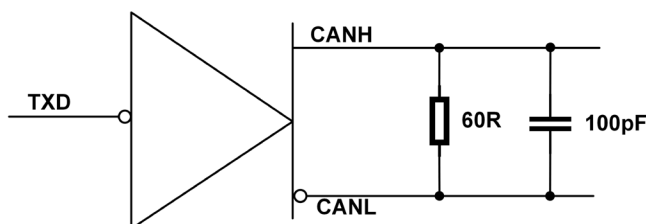
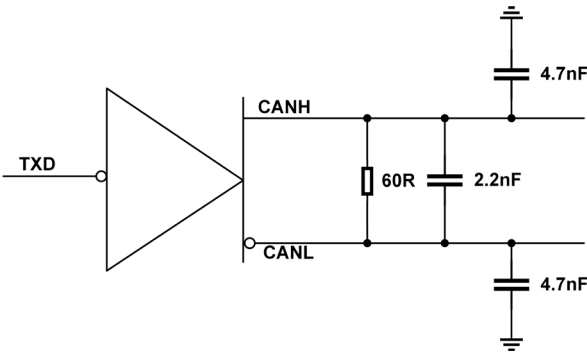


图1.1 上升/下降时间示意图

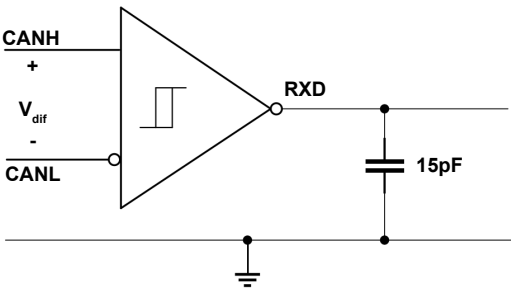
下面分别给出NCA1044、NCA1462、NCA1043B、NCA1145B不同测试电路下的上升/下降时间与两个国际友商当前主流对应料号的对比测试结果，测试电路如图1.2所示。



(a) 总线测试电路1示意图



(b) 总线测试电路2示意图



(c) RXD测试电路示意图

图1.2 测试电路示意图

对比测试结果如下：

Table1 电路1 上升/下降时间测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
tr	36.35	34.44	22.2	22.24	39.02	10.54	29.68	35.46	35.06	34.71	60.24	25.54
tf	49.19	42.9	44.67	26.14	25.88	15.75	30.72	41.23	51.06	45.87	52.69	51.11

Table2 电路2 上升/下降时间测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
tr	348.8	382.6	376	346.4	271.9	365.1	377.4	384.4	399.9	275	485.7	286.7
tf	597	661	652.1	495	395.6	453.6	562.1	650.5	607.7	590.5	661.4	653.3

Table3电路3 上升/下降时间测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
t _r	5.69	3.1	7.874	3.669	7.388	5.688	9.6	2.856	3.471	5.599	5.589	2.379
t _f	6.89	3.57	6.256	4.755	5.938	5.96	7.33	2.718	2.508	4.253	5.631	1.967

1.2.传输延时时间

ISO11898-2中对传输延时时间（Loop Delay）有明确的规定要求，正常CAN芯片的传输延时主要包括TXD到总线的传输延时、总线到RXD的传输延时以及TXD到RXD的传输延时（Loop Delay），具体定义如图1.3所示。

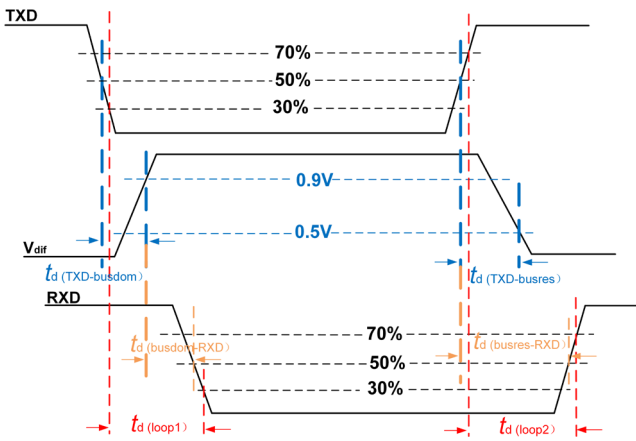


图1.3 CAN传输延时时间示意图

下面分别给出NCA1044、NCA1462、NCA1043B、NCA1145B相同测试电路下的传输延时时间（t_{d(loop)}）与两个国际友商当前主流对应料号的对比测试结果，测试电路如图1.2的(a)、(c)所示。

对比测试结果如下：

Table4 t_{d(loop1)}测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
t _{d(loop1)}	125.7	105.9	115.1	121	134.2	91.29	137.1	122.9	127.9	125.6	176.4	120.8

CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

Table5 $t_{d(loop2)}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{d(loop2)}$	147.1	141.4	141.7	128.7	135.9	98.38	160.7	141.1	138.6	146.8	218.6	151.6

Table6 $t_{d(TXD-busdom)}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{d(TXD-busdom)}$	40.15	33.02	53.55	42.26	58.56	43.13	53.29	47.09	39.38	40.31	61.84	54.92

Table7 $t_{d(TXD-busres)}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{d(TXD-busres)}$	62.40	57.15	67.87	44.90	62.98	37.31	66.37	59.99	50.13	61.87	76.15	68.6

Table8 $t_{d(busdom-RXD)}$ 测试结果对比

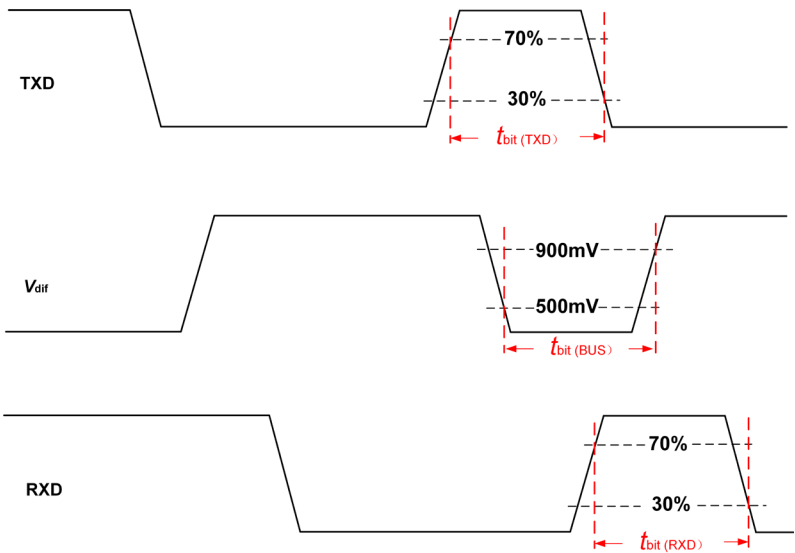
/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{d(busdom-RXD)}$	85.59	72.92	61.77	78.69	75.62	48.16	83.84	75.85	88.56	85.33	114.6	65.88

Table9 $t_{d(busres-RXD)}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{d(busres-RXD)}$	84.73	84.27	73.81	83.84	72.94	61.08	94.37	81.12	88.5	84.88	142.5	83.01

1.3.位时间

ISO11898-2中对CAN收发器的位时间也有明确的规定要求，表征着CAN帧每一位经过收发器传输后位时间的畸变情况，对系统正常通信有重要影响。CAN的位时间参数主要包括从TXD到总线传输的位时间 $t_{bit(bus)}$ 及发送位时间畸变 $t_{\Delta bit(BUS)}$ 、总线到RXD传输的位时间 $t_{bit(RXD)}$ 及接收位时间畸变 $t_{\Delta REC}$ 、从TXD到RXD传输的位时间畸变 $t_{\Delta bit(RXD)}$ ，具体定义如图1.4所示。



注：

$$t_{\Delta bit(BUS)} = t_{bit(BUS)} - t_{bit(TXD)}$$
$$t_{\Delta bit(RXD)} = t_{bit(RXD)} - t_{bit(TXD)}$$
$$t_{\Delta Rec} = t_{bit(RXD)} - t_{bit(Bus)}$$

图1.4 位时间参数示意图

下面分别给出NCA1044、NCA1462、NCA1043B、NCA1145B相同测试电路下的位时间参数与两个国际友商当前主流对应料号的对比测试结果，测试电路如图1.2的(a)、(c)所示。

Table10 $t_{bit(BUS)-5Mbps}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{bit(BUS)}$	192.5	192.8	197.5	198.2	195.2	206.2	187	188.4	191.4	179.5	185.2	186.3

Table11 $t_{bit(BUS)-2Mbps}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{bit(BUS)}$	492.5	492.7	497.3	498.5	496.4	506.4	488.7	487.8	491.2	479.6	485.8	486.7

CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

Table12 $t_{\text{bit(RXD)}-5\text{Mbps}}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{\text{bit(RXD)}}$	179.8	163.9	172.3	193.2	198.3	193.2	177.2	183.5	193.9	180.3	155.3	172.3

Table13 $t_{\text{bit(RXD)}-2\text{Mbps}}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{\text{bit(RXD)}}$	479.4	464.6	473.2	493	498.3	493.4	477.6	482.1	494	480.1	456.6	470.9

Table14 $t_{\Delta\text{bit(BUS)}-5\text{Mbps}}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{\Delta\text{bit(BUS)}}$	-7.4	-7.2	-2.5	-1.8	-4.8	6.2	-12.9	-11.6	-8.6	-20.5	-14.8	-13.7

Table15 $t_{\Delta\text{bit(BUS)}-2\text{Mbps}}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{\Delta\text{bit(BUS)}}$	-7.4	-7.2	-2.7	-1.5	-3.5	6.5	-13.3	-12.1	-8.7	-20.6	-14.1	-13.3

Table16 $t_{\Delta\text{REC}}-5\text{Mbps}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{\Delta\text{REC}}$	-12.7	-28.9	-25.2	-5	2.9	-13	-9.8	-4.9	2.5	0.8	-29.9	-14

Table17 $t_{\Delta\text{REC}}-2\text{Mbps}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{\Delta\text{REC}}$	-13.1	-28.1	-24.1	-5.5	1.9	-13	-11.1	-5.7	2.8	0.5	-29.2	-15.8

Table18 $t_{\Delta\text{bit(RXD)}-5\text{Mbps}}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{\Delta\text{bit(RXD)}}$	-20.1	-36.1	-27.7	-6.8	-1.7	-6.8	-22.7	-16.5	-6.1	-19.7	-44.7	-27.7

CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

 Table19 $t_{\Delta bit(RXD)-2Mbps}$ 测试结果对比

/ns	NCA1044	友商1	友商2	NCA1462	友商1	友商2	NCA1043B	友商1	友商2	NCA1145B	友商1	友商2
$t_{\Delta bit(RXD)}$	-20.5	-35.3	-26.8	-7	-1.6	-6.5	-24.4	-17.8	-5.9	-20.1	-43.3	-29.1

以上相关数据均来自于实验室同等环境下的实测结果，如有需要可联系纳芯微销售人员获取原始图像数据。

2.CAN采样原理介绍

系统应用中，每个ECU节点的MCU会对经过CAN收发器传输来的CAN帧按照设定的规则进行采集处理，并作出对应的响应，实现CAN总线多节点网络的正常通信。理解MCU中CAN的采样工作原理对于理解CAN收发器相关时间参数的实际意义以及正确配置MCU的CAN控制器部分有重要意义。本节主要介绍系统中的CAN采样原理，并结合系统中所做的采样点测试进行说明。

2.1.CAN位组成

在MCU中，会将CAN bit位分成若干个时间片（Time Quantum— T_q ），每一个 T_q 的时间由系统分配给CAN模块的时钟来决定，再根据当前CAN通讯的速率来决定每个bit的 T_q 的数量。当然在实际应用中，一般会先确定通讯速率和 T_q 数量，再进行时钟的配置来满足需求。

示例如下：

若系统时钟经过分频给CAN模块的时钟为40Mhz，则每个 T_q 的时间为 $1/40Mhz$ ，为25ns，如果使用的是仲裁段和数据段都为500kbps（bit时间为 $2\mu s$ ）通讯速率，则每一个CAN bit的 T_q 数量为 $2000/25=80$ ；如果数据段为2Mbps（bit时间为500ns）的CAN FD，则每一个CAN bit的 T_q 数量为 $500/25=20$ 。

CAN bit位组成如图2.1所示，将由若干 T_q 组成的CAN bit又分为几个功能段，主要包括同步段（SS）、传播段（PTS）、相位缓冲段1（PBS1）、相位缓冲段2（PBS2）。在一些MCU中也会经常看到将传播段与相位缓冲段1合并为时间段1（TSEG1），相位缓冲段2称为时间段2（TSEG2）。同时，由于重同步的机制，引入重同步补偿段（SJW）的概念。

CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

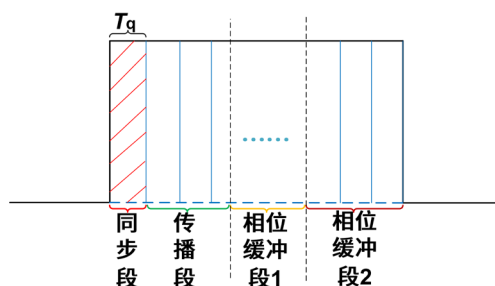


图2.1 CAN bit位组成示意图

SS段一般为1个 T_q ，TSEG1段以及TSEG2段会根据采样点位置以及传播延时补偿要求来确定 T_q 数量，SJW段长度要小于PBS1段以及PBS2段。采样点位置一般落在PBS1的末尾处，采样点计算方式为：

$$[(SS段长度 + TSEG1段长度 (PTS + PBS1)) / 位T_q数 * 100\%$$

2.2.同步

CAN的时钟同步包括硬同步和重同步两部分。在系统多节点的情况下，由于每个ECU时钟频率偏差以及传输路径上的相位延迟会引起同步偏差，因此接收的ECU需要通过硬同步和重同步的方式调整接收时序，保证节点正常通信。

硬同步是在发送节点帧起始SOF位开始的，SOF位的下降沿落在发送节点bit的SS段，接收节点根据接收到SOF位的下降沿位置，将自己采样的SS段同步到该位置，实现发送节点和接收节点的同步，如图2.2所示。

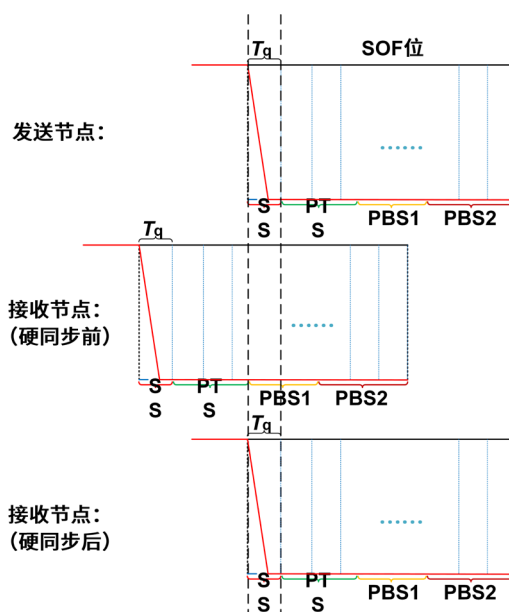


图2.2 硬同步示意图

CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

重同步是在帧起始SOF位进行硬同步后，在CAN帧中的每一个下降沿再进行同步的方式。经过硬同步后，理想情况下发送节点和接收节点CAN bit的下降沿都会落在SS段，但是因为传输路径相位延迟等因素，会使得发送一段时间后，接收节点bit相较于发送节点会出现偏移，可能导致采样出错，需要重同步进行修正。重同步时，当bit下降沿落在接收节点SS段之前，那么接收节点会减少相位缓冲段2的 T_q 数量，使得接收节点的采样点位置相对SS段与发送节点一致，实现同步；当bit下降沿落在接收节点SS段之后，那么接收节点会增加相位缓冲段1的 T_q 数量，实现同步。实际调整的 T_q 数量不超过SJW的 T_q 数量。重同步示意如图2.3所示。

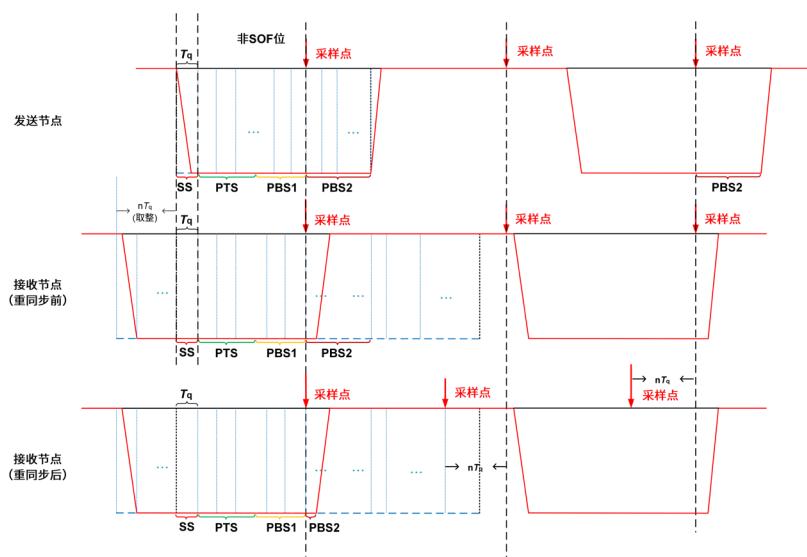


图2.3 重同步示意图

2.3.传输延时补偿

正常系统中影响较大的CAN的传输延时主要包括两部分，分别为自回环的传输延时以及从发送节点到接收节点再回到发送节点的传输延时，如图2.4所示。

自回环的传输延时（Delay1）包括MCU的TXD发出到收发器TXD的延时、CAN收发器自身的loop延时以及收发器的RXD端到MCU的RXD引脚的延时。

发送节点到接收节点的传输延时（Delay2）包括发送节点MCU的内部发送延时、MCU的TXD引脚到收发器的TXD引脚延时、收发器内部的发送延时、收发器总线引脚到收发器总线引脚（PCB走线+总线）的传输延时、收发器内部接收延时、收发器RXD引脚到接收节点MCU的RXD引脚延时以及MCU的内部接收延时。接收节点到发送节点的传输延时（Dealy3）近似等于Dealy2。

CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

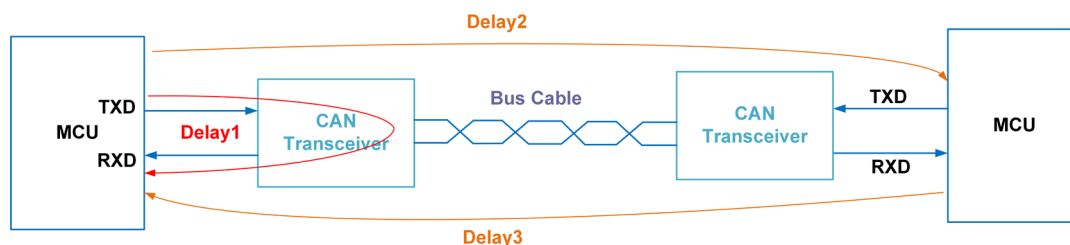


图2.4 传输延时示意图

CAN协议要求发送节点发出CAN帧后需要同时监控总线传回的信号，如果发出的数据与接收到的数据不一致（仲裁段除外）就会上报发送错误；同时CAN协议也要求发送节点发送完CAN帧信息后，发出两个ACK隐性位，接收节点在确认接收信号无误后，对第一个ACK隐性位即ACK slot位进行应答（接收节点发出一个显性位覆盖隐性位），这样发送节点在回采ACK slot位为显性后就会认为CAN帧发送成功，如果没有回采到显性位的ACK slot，发送节点就会认为发送错误。

上面CAN协议的规定就要求位组成中的传播段（PTS）的时间要比Delay1的时间或者Delay2+Delay3要长，这样才可以保证发送节点回采信号的时候不会出错。对于CAN自发自收的场景，ISO11898-2规定loop delay传输延时最大为255ns，对于传统速率为500Kbps的CAN帧，一个位时间为2 μ s，位组成中的传播段很容易配置成大于255ns，使得信号回采不会出现问题。但是对于CAN FD，最高速率可达到5Mbps，位时间为200ns；对于CAN SIC，最高速率可以达到8Mbps，位时间为125ns。这样的情况下，位时间比传播延时还要短，单靠位组成中的PTS段无法补偿传播延时（如图2.5所示），会导致回采错误，通信异常。

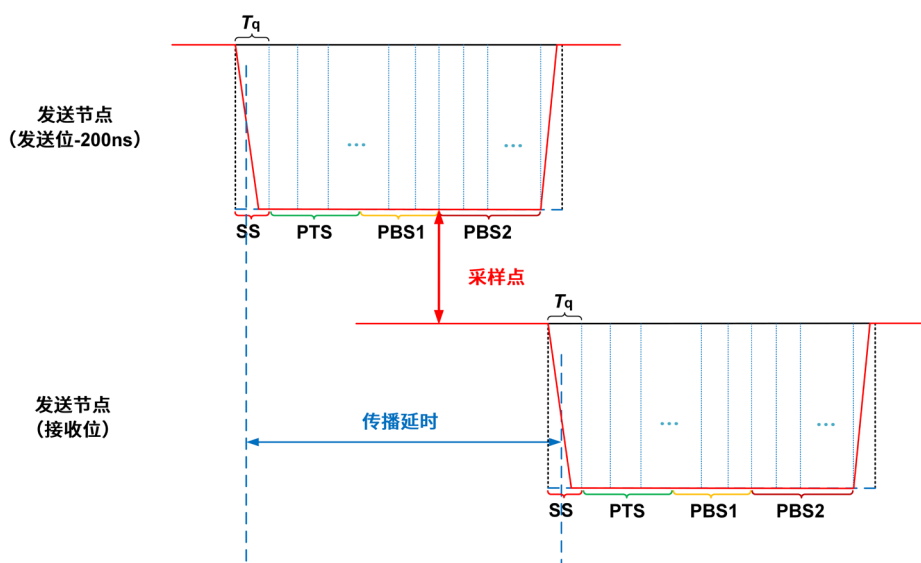


图2.5 CAN FD-5Mbps传输延时无法补偿示意图

CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

为了解决CAN FD通信速率快，传播段无法补偿传播延时导致采样出错的问题，CAN FD加入了传输延时补偿功能，引入了第二采样点，如图2.6所示。

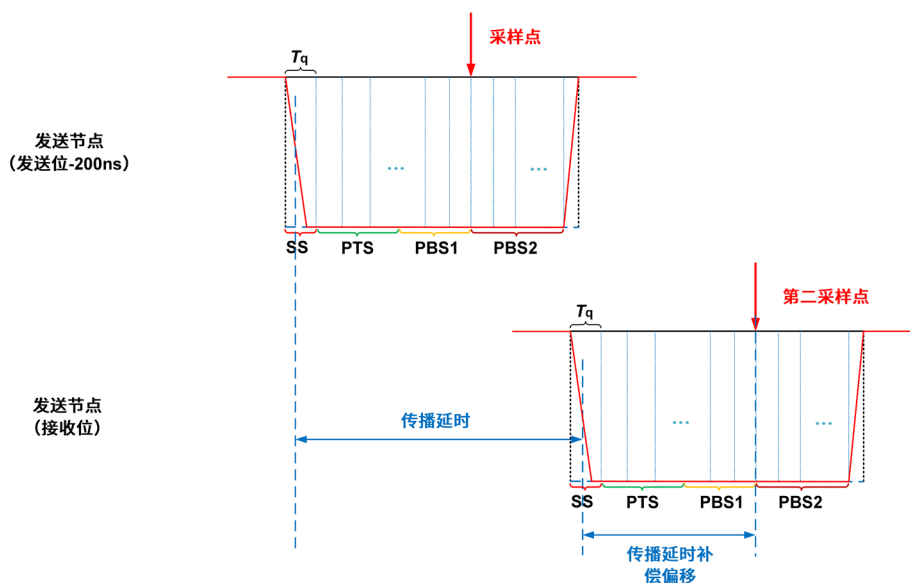


图2.6 CAN FD-5Mbps传输延时补偿（第二采样点）示意图

在CAN FD通信中，当打开TDC（Transceiver Delay Compensation）后，CAN控制器会自动测试TXD引脚上CAN FD帧的FDF位到r0位的下降沿到RXD引脚上的FDF位到r0位下降沿的延时TDCV（Transceiver Delay Compensation Value），根据当前T_q时间计算得到应补偿的T_q数量（TDCV / T_q）。传播延时补偿偏移时间TDCO（Transceiver Delay Compensation Offset）一般与采样点的时间保持一致，所以最终 第二采样点相对于发送时的下降沿位置为TDCV+TDCO，可以保证CAN FD通信中，CAN控制器的采样是准确的。最后说明一下，第二采样点只在发送节点自发自收的条件下有作用，对于接收总线上来自其他节点的报文没有作用。

2.4.采样点测试常见问题分析

通常在系统端进行CAN收发器的测试时，CAN采样点测试项是必不可少的，这个测试目的主要是确认MCU中配置的CAN采样点位置在实际进行通讯过程中是否满足要求。测试环境如图2.7所示。

CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

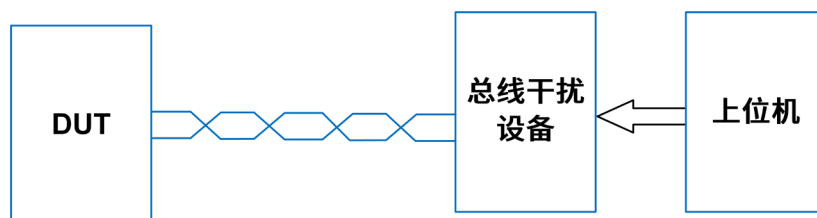


图2.7 测试点测试搭建环境

如上图所示，采样点测试方法一般是会通过总线干扰设备产生某一位受到干扰的CAN帧，将其发送给待测件DUT，不断改变CAN帧受干扰位的时间，直到DUT检测到接收到的帧是错误的，然后对外发出错误帧给到总线干扰设备上报错误，计算当前DUT采样点的位置，通过上位机显示出来。当前比较通用的总线干扰设备为Vector的VH6501，该设备系统时钟最高为160Mhz，能够施加的最小干扰时间单位是6.25ns，通过对CAN帧中的CRC某一显性位施加从后往前的干扰（显性位强驱为隐性位），相应后面隐性位长度增加，保证总长度不变。提前配置VH6501的采样点（要比DUT设置的采样点小，保证DUT先采集到错误帧上报错误）以及CAN模块时钟。具体测试方法如图2.8所示。

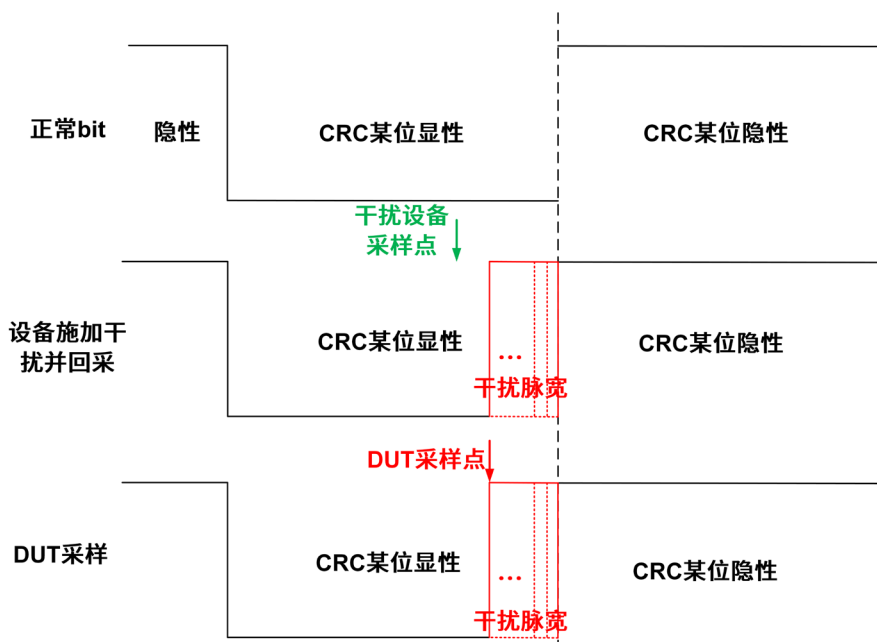


图2.8 采样点测试原理图

CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

通过计算显性位在DUT发出错误帧时未被干扰的脉宽长度与位长度的比值，即可得到当前DUT的采样点测试结果。但是在实际测试中经常会出现测试偏差较大的情况，比如设置的是80%的采样点，有可能测试结果是70%甚至更小，还有一些测试结果可能达到85%及以上，可能导致这些测试结果的原因我们进行了一些相关的分析。在采样点测试中，干扰设备发出的CAN帧经过收发器将差分信号转化为RXD的单端信号，这个过程中，位时间会发生一些畸变（见第一节的 $t_{\Delta REC}$ ），这会对测试结果精度产生一定的影响，如图2.9所示。

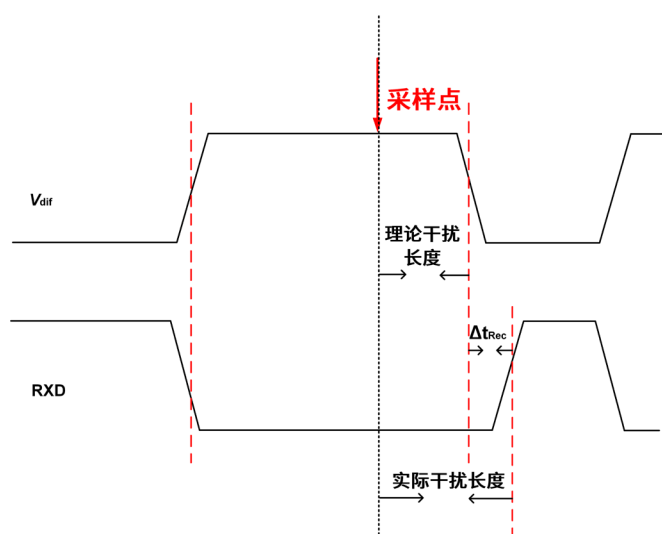


图2.9 位时间畸变影响采样点测试示意图

由于总线信号经过收发器传输之后，bit时间会发生畸变，11898-2里面规定的2Mbps的 Δt_{rec} 范围为-65~40ns。所以到达RXD引脚的bit时间会有一定的增加或者减少，这就导致干扰仪需要干扰的段长会增加或减小，影响测试结果的准确性。在这里需要强调一下，干扰位时间的增大或者减小，仅仅只会影响这一测试方法下的测试结果，实际上采样点距离下降沿的长度是保持不变的，还是软件里面设置的采样位置（以下降沿作为参考）。所以测试过程中，如果待测芯片的 Δt_{rec} 较大，需要在测试结果中考虑 Δt_{rec} 带来的误差。

由于测试系统中DUT与干扰设备存时钟偏差以及信号在传输的时候存在相位延迟，DUT的同步和重同步同时在工作，可能存在如图2.10所示的情形。

CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

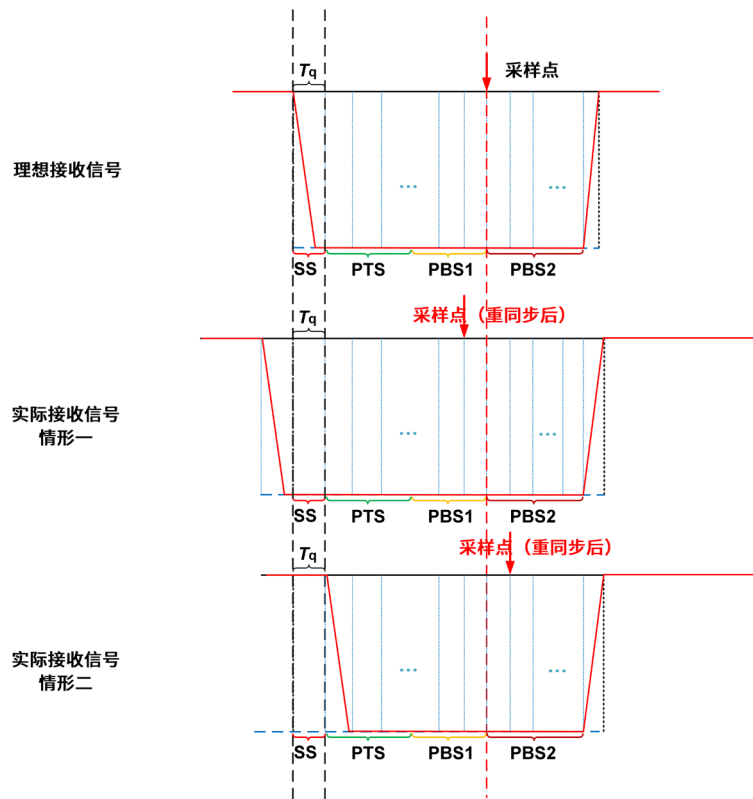


图2.10 采样点测试DUT接收信号的情形

在情形一中，因为脉宽畸变、相位延迟以及时钟偏差等因素导致到达干扰位前的一个下降沿相较于同步段前移了一个 T_q ，那么因为重同步的作用，采样点也会前移一个 T_q ，导致干扰段的脉宽需要多干扰一个 T_q 才能干扰到DUT的采样点，导致采样点测试结果比设置值小 T_q 级的误差。同理，情形二中下降沿相较于同步段后移了一个 T_q ，因为重同步的作用，采样点也会后移一个 T_q ，导致干扰段的脉宽少干扰一个 T_q 就能干扰到DUT的采样点。

由于下降沿相较于同步段的偏移是慢慢累积的，当下降沿刚滑出同步段，经过重同步后，就直接将采样点前移或者后移一个 T_q 进行同步，会导致采样点测试产生偏差，偏差的大小与MCU配置的DUT的 T_q 时间有关。对于位时间为500ns的CAN FD，如果配置CAN模块时钟为20Mhz，那么一个 T_q 时间为50ns，根据上述采样点测试的分析，导致的采样点测试偏差可能就有 $50/500 \times 100\% = 10\%$ ；如果配置CAN模块时钟为40Mhz，那么一个 T_q 时间为25ns，导致的采样点测试偏差可能就有 $25/500 \times 100\% = 5\%$ 。所以对于系统采样点测试，MCU的 T_q 数量配置影响较大。当然收发器的脉宽畸变也会影响着采样点的测试结果，不同的脉宽畸变时间在相同的set up下可能有不同的测试结果，增加 T_q 数量可以一定程度上收敛测试结果，弥补因为脉宽畸变时间的差异导致的采样点测试结果不同。第一节给出了纳芯微的CAN收发器相较于目前主要国际厂商相关接收位时间脉宽畸变的数据对比，结果都比较收敛，对于采样点的测试结果差异影响不大。

CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

3.CAN动态参数对系统的影响

第一节和第二节分别介绍了CAN相关的动态参数的定义、测试数据对比以及CAN采样的基本工作原理，这些参数对实际系统应用中CAN的正常通信有着重要影响。本节详细介绍一下CAN的动态时间参数对系统通信的影响。

● 上升/下降时间

当CAN收发器输出的总线差分信号的上升沿或下降沿较缓时，可能会导致经收发器转换的位时间缩短，如图3.1所示。

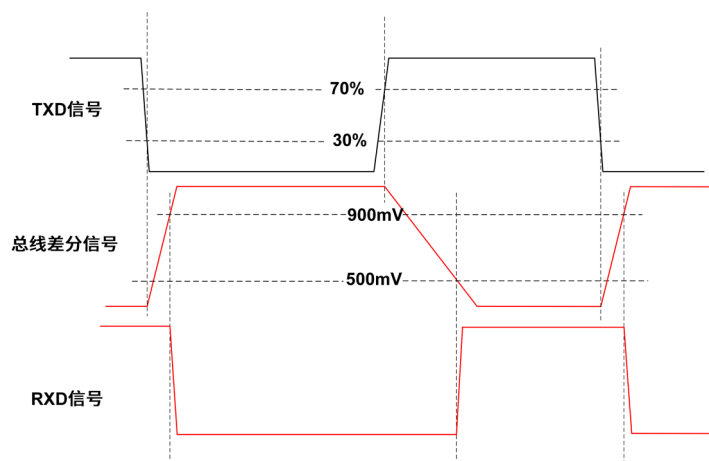


图3.1 总线差分信号下降沿缓慢示意图

如上图所示，当总线差分信号下降沿较缓，会使得TXD发来的信号经过CAN收发器转化后由RXD输出的显性位时间拉长，隐性位时间缩短，当显性位时间拉长到隐性位的采样点位置就有可能导致MCU采样错误，使得CAN通讯出现问题。当然如果总线差分信号的沿比较缓，但是脉宽畸变能够满足要求，即对RXD的位时间影响不大（以上所举为严重影响了位时间的例子），那么对通信也不会有太大影响。

实际应用中CAN通信网络一般会有比较长的线束以及节点个数，这样会导致总线的寄生电容比较大，使得总线信号的边沿变缓，但是如果位时间能够满足要求，对通信不会有太大影响，同时系统应用会对CAN的节点数以及总线长度进行限制，确保通信可以正常进行。

RXD信号的下降沿承担着同步的作用，如果下降沿较缓再加上传输相位延迟等导致的下降沿偏移，会使得有效位时间缩短且同步补偿段无法补偿偏差（同步补偿段数量较少一般为 $2\sim 3T_q$ ），导致MCU采样出错，影响正常通信。所以RXD的上升/下降沿延时应当小一些，至少保证可以落在一个同步段内。

CAN动态参数及对系统应用的影响介绍

● 传输延时

根据第二节采样原理的分析，我们知道对于CAN速率要求较高的应用场景下，需要进行传输延时补偿。对于ACK应答的场景下，根据ISO11898规定，ACK位最快位速率为1Mbps，对应位时间为1 μ s，在1 μ s位时间的设置采样点处采集到对端返回的应答显性位即可（取决于采样点位置，一般有700~800+ ns时间），所以Delay2+ Delay3的时间小于这个时间即可。一般情况或者大多数应用下，可以满足这样的要求，对于一些特殊的系统应用场景，如果线路的传播延时很长，那就需要收发器内部的延时尽可能的短，来弥补系统长延时的工况，保证系统的正常通信（对于传输线比较长的应用场景，一般会选择降低CAN通信速率）。

对于自发自收的场景，如果MCU测到的传输延时超出了能够补偿的最大范围，TDC功能就会失效，这样就会产生采样错误，CAN通信无法正常进行。因为MCU是以自己测到的传输延时为参考，其中不仅仅有CAN收发器的传输延时，还包括了PCB线路上以及MCU内部的延时。所以针对不同的使用环境，保证CAN收发器的传输延时较小，给系统留出足够的裕量来满足传输延时补偿的要求是有重要意义的。

● 位时间及位时间传输畸变

位时间传输畸变会导致总线位时间以及RXD位时间增大或减小，这里我们将这两个参数的影响合并为CAN的位时间变化对系统的影响。不管是TXD到总线传输的位时间畸变还是总线到RXD传输的位时间畸变最终都表现为RXD上看到的信号位时间增大或缩小。对于采样点测试的影响可以参考2.4节所述。RXD上的位时间相较于TXD发出的位时间增大或缩小比较多，再随着下降沿的偏移，经过重同步后的采样点可能采集到错误的位状态，如图3.2所示。所以要求收发器的RXD位时间畸变相较于TXD位时间要小。

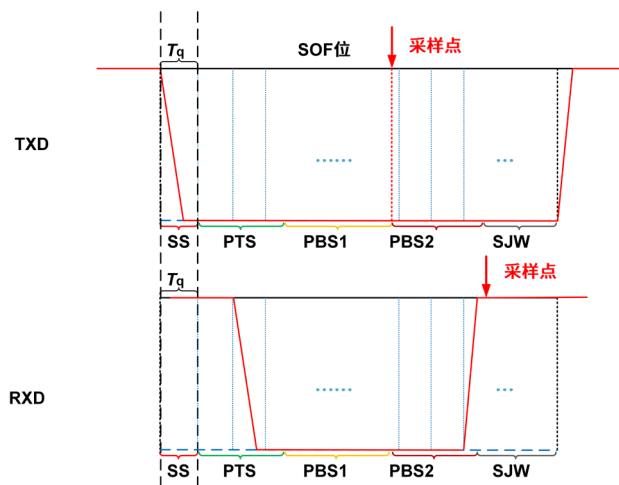


图3.2 RXD位时间变小采样示意图

综上所述，CAN动态参数的主要影响在于：不满足标准或者比较临界标准的参数会使得一些系统应用中，MCU对RXD信号的采集出现错误，从而导致通信异常。

4.修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	初始版本	Lele Zhang, Fuming Deng	2025/9/2

销售联系方式: sales@novosns.com; 获取更多信息: www.novosns.com

重要声明

本文件中提供的信息不作为任何明示或暗示的担保或授权,包括但不限于对信息准确性、完整性,产品适销性、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陈述或保证。

客户应对其使用纳芯微的产品和应用自行负责,并确保应用的安全性。客户认可并同意: 尽管任何应用的相关信息或支持仍可能由纳芯微提供,但将在产品及其产品应用中遵守纳芯微产品相关的所有法律、法规和相关要求。

本文件中提供的资源仅供经过技术培训的开发人员使用。纳芯微保留对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其他更改的权利。纳芯微仅授权客户将此资源用于开发所设计的整合了纳芯微产品的相关应用,不视为纳芯微以明示或暗示的方式授予任何知识产权许可。严禁为任何其他用途使用此资源,或对此资源进行未经授权的复制或展示。如因使用此资源而产生任何索赔、损害、成本、损失和债务等,纳芯微对此不承担任何责任。

有关应用、产品、技术的进一步信息,请与纳芯微电子联系(www.novosns.com)。

苏州纳芯微电子股份有限公司版权所有