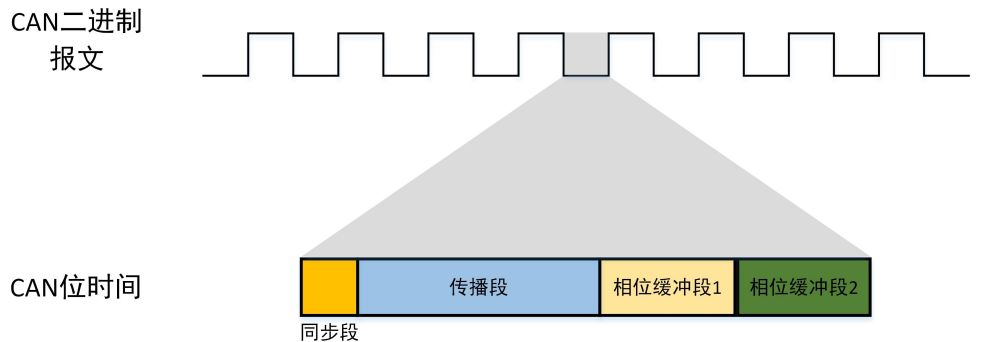


CAN 的位时序构成

CAN 总线的每个位 (Bit) 的周期 $T_{bit} = 1 / \text{Baudrate}$ 。根据 CAN 规范，每个位的时间内又可细分成 4 段：

- ❖ 同步段 (Synchronization Segment, T_{ss})
- ❖ 传播段 (Propagation Segment, T_{ps})
- ❖ 相位缓冲段 1 (Phase Buffer Segment 1, T_{pbs1})
- ❖ 相位缓冲段 2 (Phase Buffer Segment 2, T_{pbs2})



时序计量单位

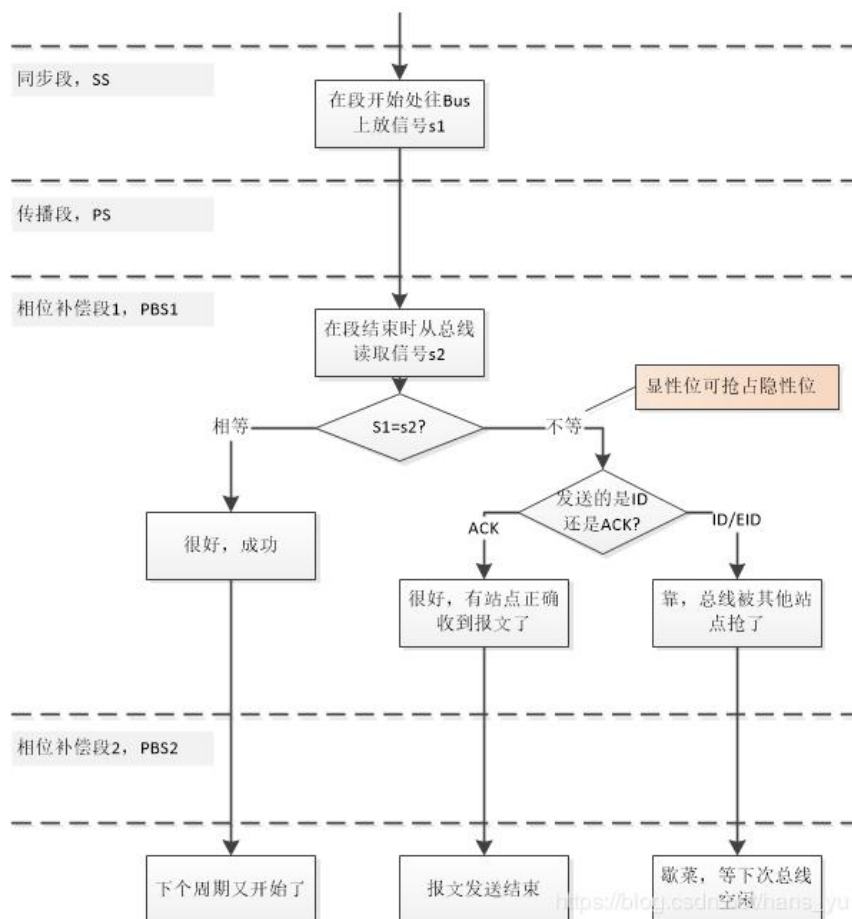
CAN 控制器为了适应各种波特率，对上面四个段的时间长度，不是使用纳秒 (ns) 或微秒 (us) 来度量，而是使用节拍来度量，技术资料中将这个节拍称为时间量子 (Time quantum, T_q)。

例如 500k 的波特率，每个 T_{bit} 是 2000ns，如果分为 10 个节拍，则每个 T_q 为 200ns。

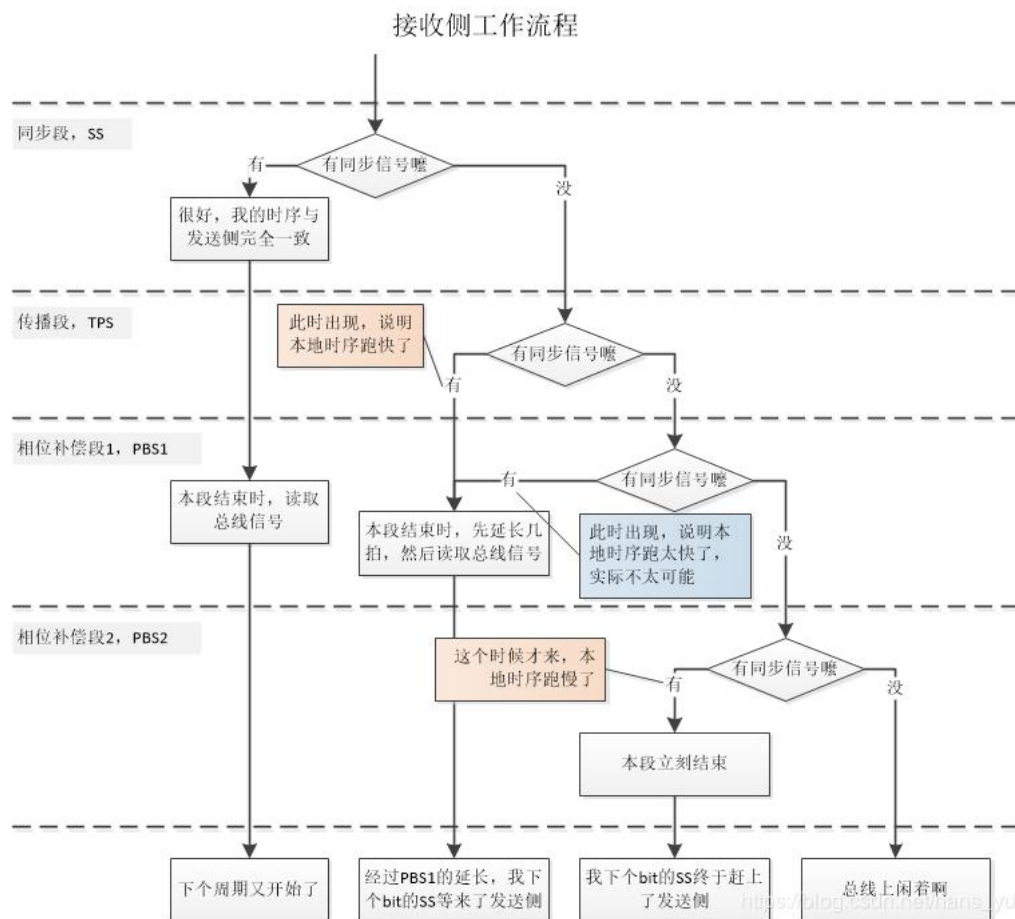
工作流程

发送节点在每个 bit 中主要完成发送和回检。

发送侧工作流程



接收节点在每个 Bit 中主要完成接收和同步。



传播段时长 Tps

传播段 PS 占据的时间是信号在总线上来回传输的时间。一次单向传输的延时 Tdelay 包括 3 个时间：

- ❖ 发送节点从产生信号到发到总线的时间 Td1；
- ❖ 信号在总线传输的时间 Tbus；
- ❖ 接收节点从总线获取信号的时间 Td2。

按规范要求，传播段的时间 Tps 应大于等于 2 倍 Tdelay 的时间，即 $Tps \geq 2 * Tdelay = 2 * (Td1 + Tbus + Td2)$ ，为什么规定是两倍时间呢？CAN 总线是一种允许竞争并自行仲裁的协议。见上面工作流程图可知，每个节点会回读自己发出的信号。假设极端情况下，节点 Node1 在总线的一端发出了信号 s1，总线另一端的节点 Node2 在 Tdelay 时间之前由于尚未收到信号 s1，所以可能认为总线是空闲的，那就可能往总线上发送信号 s2。当然，Node2 刚发出 s2，总线上就产生了 s1 和 s2 的竞争，而这个竞争的情况会又经过 Tdelay 的时间才被 Node1 感知到。所以两倍 Tdelay 的要求就是为了保证每个节点都能正确检测到总线上的竞争。

CAN 参数设置

下面以 STM32 系列 CPU 为例，具体说明参数设置方法。STM32 CPU 的 CAN 与时序相关的参数有 4 个：

- ❖ **BRP (Baud rate prescaler)**
预分频值，允许的范围是 1 ~ 1024。
- ❖ **TS1 (Time segment 1)**
允许的范围是 1 ~ 16。这个参数设置传播段 (Tps) 与相位缓冲段 1 (Tpbs1) 相加的节拍数。
- ❖ **TS2 (Time segment 2)**
允许的范围是 1 ~ 8。这个参数设置相位缓冲段 2 (Tpbs2) 的节拍数。
- ❖ **SJW(Resynchronization jump width)**
重同步宽度，允许的范围是 1 ~ 4。用于设置 Tpbs1 和 Tpbs2 可以调整的节拍数。

1. BRP 的参数设置

BRP 用于将 APB 的时钟（其他 CPU 可能直接使用晶振时钟）分频到 CAN 时钟。CAN 时钟的每个周期就是前面说过的节拍或时间量子（Tq），BRP 的值由基频（APB 时钟）频率 Fclk、波特率 Baudrate 和每个 Bit 的节拍数 Q 决定， $BRP = Fclk / (Q * Baudrate)$ 。

从 STM32 寄存器参数允许范围来说，Q 的数量可以在 3~25 之间（见 TS1 和 TS2 的范围），但从同步调整的有效性来说，最好在 6~25 之间。例如，APB 时钟 24M，波特率 500k，如果 Q 取 6~25 之间的整数值，则 BRP 可以使用的值有：2、3、4、6、8。

Q 的大小与通讯质量是有关系的。个人觉得只要寄存器 TS1 和 TS2 的数值允许，Q 值应该尽量大一点。Q 值越小，本地在同步调整时的变化就越大（不稳定）。以 500k 波特率（Tbit = 2000ns）来说，如果 Q = 25，则每拍时长 Tq = 80ns，也就是接收侧可以将同步的位置前后最小变动 80ns；而如果 Q=5，则每拍时长 Tq = 400ns，意味着接收侧对同步位置的调整至少是 400ns。那很可能这次调快了，而后一次又调慢了，这会导致通讯质量明显下降。对最极端的 Q = 3 来说（TS1=1，TS2=1），这样的时序分配导致几乎不具备重同步的能力。

2. TS1 和 TS2 的参数设置

TS1 和 TS2 的参数设置，就是将 Q 分配给位时序中 3 个段：PS、PBS1 和 PBS2（SS 段永远占据一拍，不商量）。

$$Q = 1 + Tps + Tpbs1 + Tpbs2。$$

❖ 计算传输段时长 Tps

Tps 的长度根据设备性能和总线长度决定，通常总线单位延时可按 5.5ns/米估算。单个节点收/发延时按 75ns 估算。假定总线长度 12 米，则 $Tps = 2 * (12 * 5.5 + 75 * 2) = 432ns$ ，然后根据上一步的 Q 值，计算出 Tq 的时间，再根据 Tq 和延时时间，计算 Tps 需要的节拍数。

例如：当 Tq = 125ns 时，432ns 延时需要的节拍数 = 432 / 125，向上取整得到 4。

❖ 计算相位补偿段 1 时长 Tpbs1 和 相位补偿段 2 时长 Tpbs2

将 Q 值减 1，再减掉 Tps 的节拍数，剩余的节拍数由 Tpbs1 和 Tpbs2 平分。如果剩余节拍是奇数，则 Tpbs1 比 Tpbs2 少一拍。

❖ 计算 TS1 和 TS2 的值

TS1 等于 Tps 和 Tpbs1 的节拍数相加。

TS2 等于 Tpbs2 的值。

3. SJW 的参数设置

SJW 比较简单，取 (TS2 - 1) 和 4 两个数字中小的那个。即 $SJW = \min(TS2-1, 4)$ 。将上面的例子：基频 24M，CAN 总线波特率 500k，传输延时 432ns，各种不同 Q 值下，各参数计算过程列表如下：

BRP	Q	Tq(ns)	SS	Tps	剩余	Tpbs1	Tpbs2	TS1	TS2	SJW
2	24	83.3	1	6	17	9	8	15	8	4
3	16	125.0	1	4	11	5	6	9	6	4
4	12	166.7	1	3	8	4	4	7	4	3
6	8	250.0	1	2	5	2	3	4	3	2
8	6	333.3	1	2	3	1	2	3	2	1

注意：飞思卡尔 MC9S12G128 的寄存器值=实际计算值-1