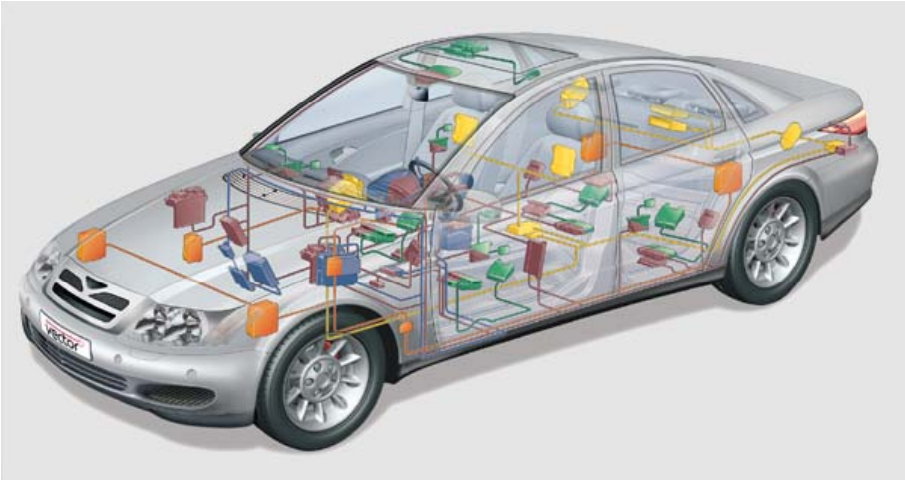


CAN总线快速入门

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

目录

- CAN总线概述
- 数据链路层
- 物理层

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

目录

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

三个问题

- 为什么需要总线？
  - 人类需要交流，ECU也需要
    - 人类的交流手段：书信、电话->网络
    - ECU的交流手段：线束->总线
- 什么是CAN总线？
  - CAN (Controller Area Network)是二十世纪八十年代初德国Bosch公司为解决现代汽车中众多电控单元（ECU）之间的数据交换而开发的一种串行通信协议。
- 为什么是CAN总线？
  - 技术完美＋价格低廉＝优胜劣汰

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

什么是汽车？

- 轮子上的沙发还是轮子上的计算机？

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

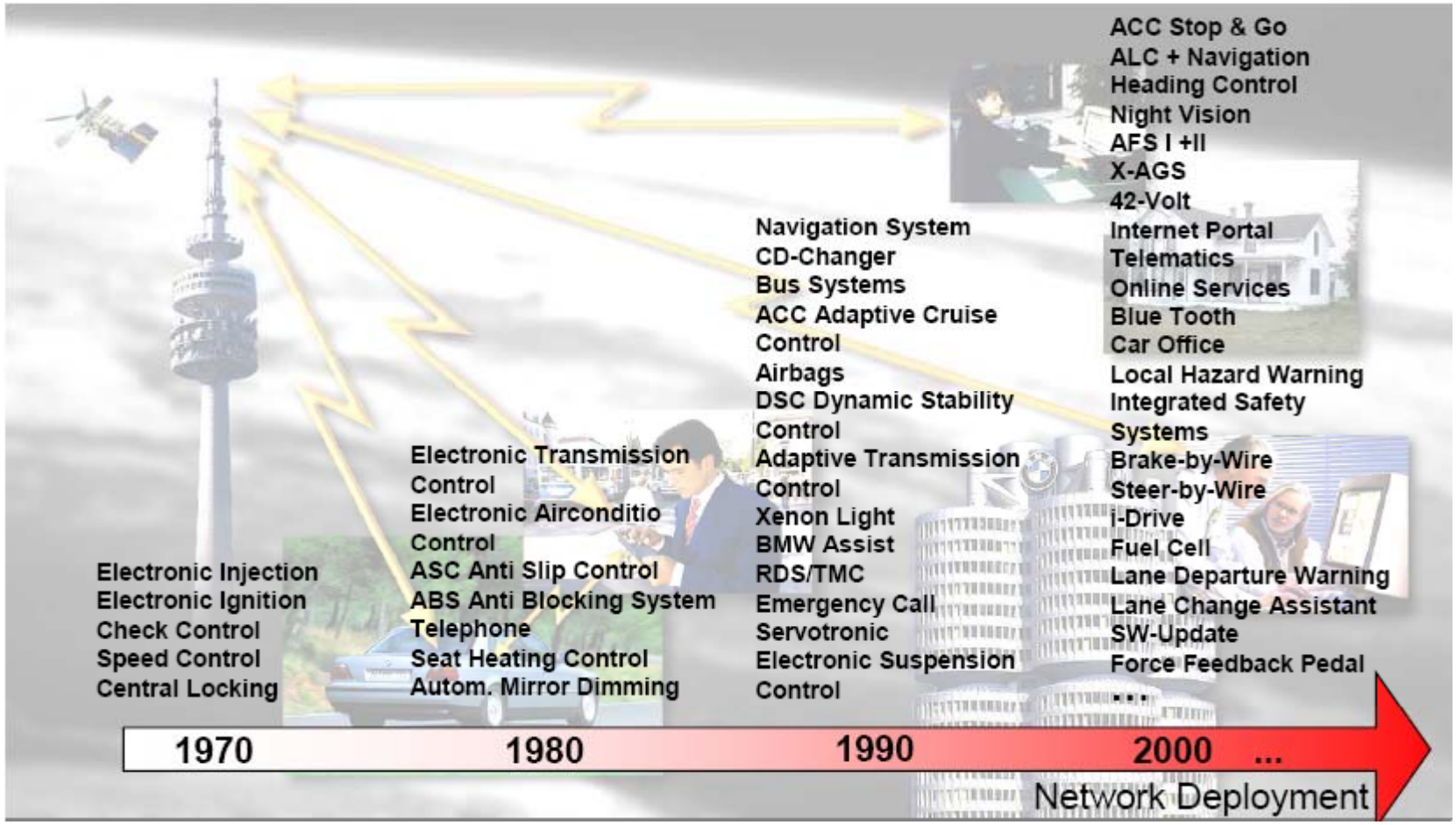
汽车——从机械液压到机械电子

- 动力性
  - 从空间的扩大到推背感
- 经济性
  - 从石油危机到日系汽车崛起
- 排放
  - 从温室效应到清洁（新能源）汽车
- 舒适性
  - 汽车仅仅是交通工具吗？

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

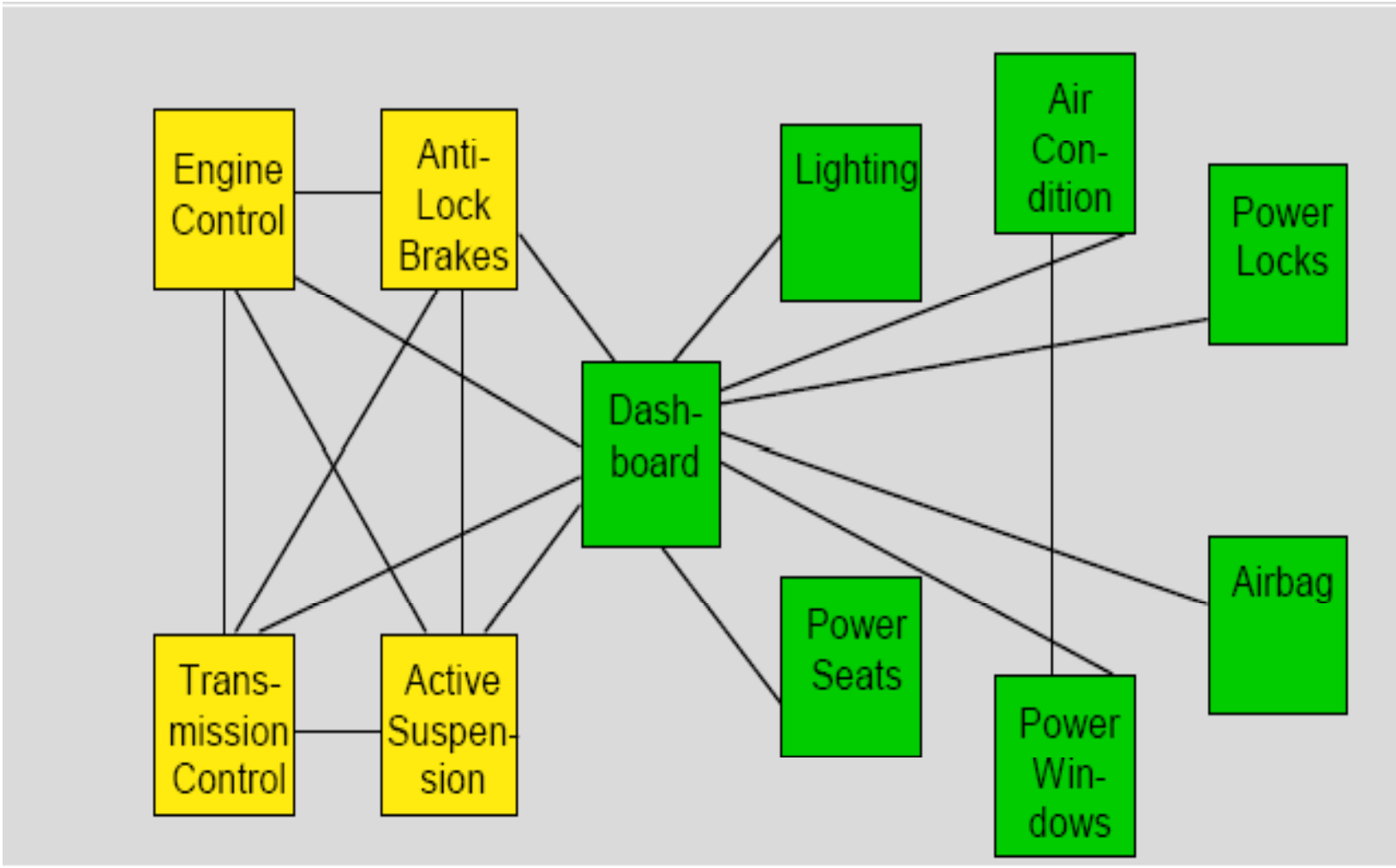
汽车电子发展趋势



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

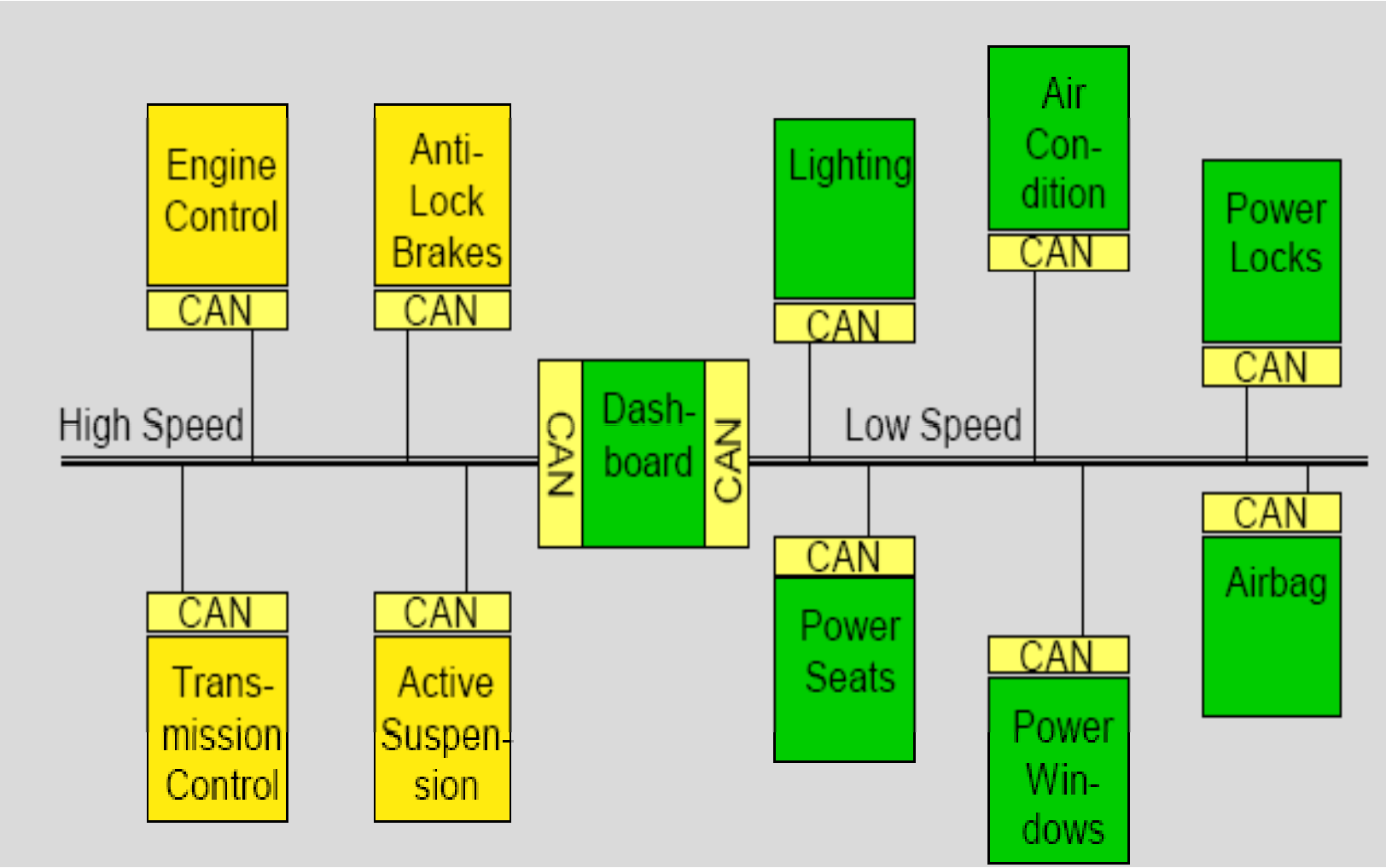
早期的ECU通信



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

基于总线（CAN）的ECU通信



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

优胜劣汰

- 曾经的车用总线
  - SAE J1850 (Class2)
  - SAE J1708
  - K-Line
  - BEAN
  - byteflight, K-Bus
  - D2B
- 当前的车用总线
  - CAN
  - LIN
  - FlexRay
  - MOST

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

CAN总线的发展历史

- 1983　由Bosch和Intel共同开发
- 1987　第一块CAN控制器芯片（Intel）
- 1990　第一辆应用CAN的量产车：Mercedes S-Class
- 1991　CAN 2.0发布（PART A与PART B）
- 1993　CAN成为ISO标准（ISO 11898）

很好很强大的CAN总线

- 与CAN总线相关的标准
  - ISO 11898, ISO 16845
  - SAE J1939, ISO 11783, NMEA 2000, CANopen…
  - ISO 15765/14229
  - ISO 17356/OSEK
  - CCP (CAN Calibration Protocol)
  - GMLAN, VWTP, FNOS, DCNet, MCNet

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

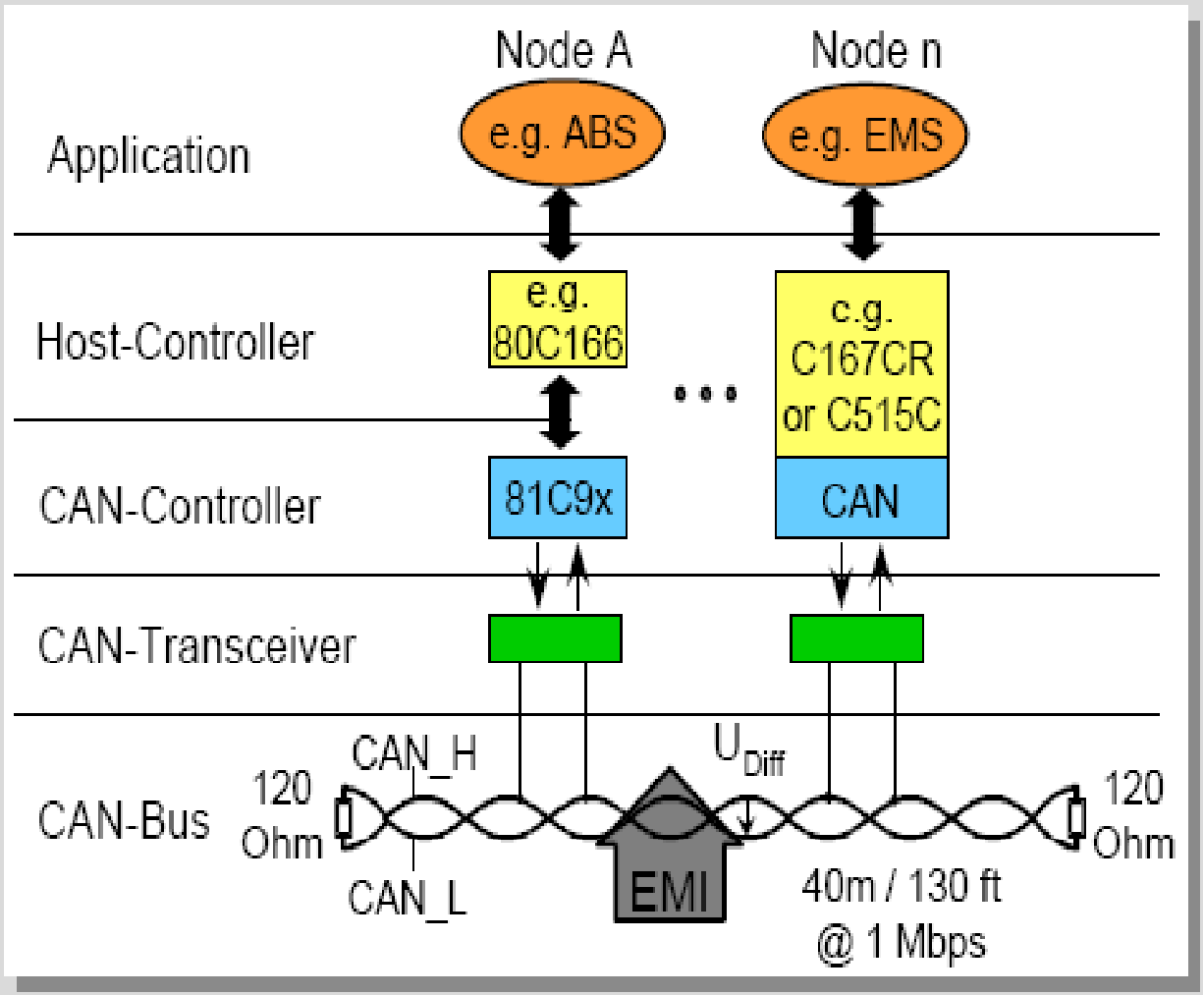
CAN总线概述

- 多主系统
- 最高速率1 Mbit/sec
- 短帧结构（每条报文最多8字节数据）
- 错误检测与处理机制
- 数据校验，帧内应答
- 总线型拓扑结构
- 广播发送
- 基于优先级的总线仲裁机制

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

CAN总线基本结构



恒润科技
HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

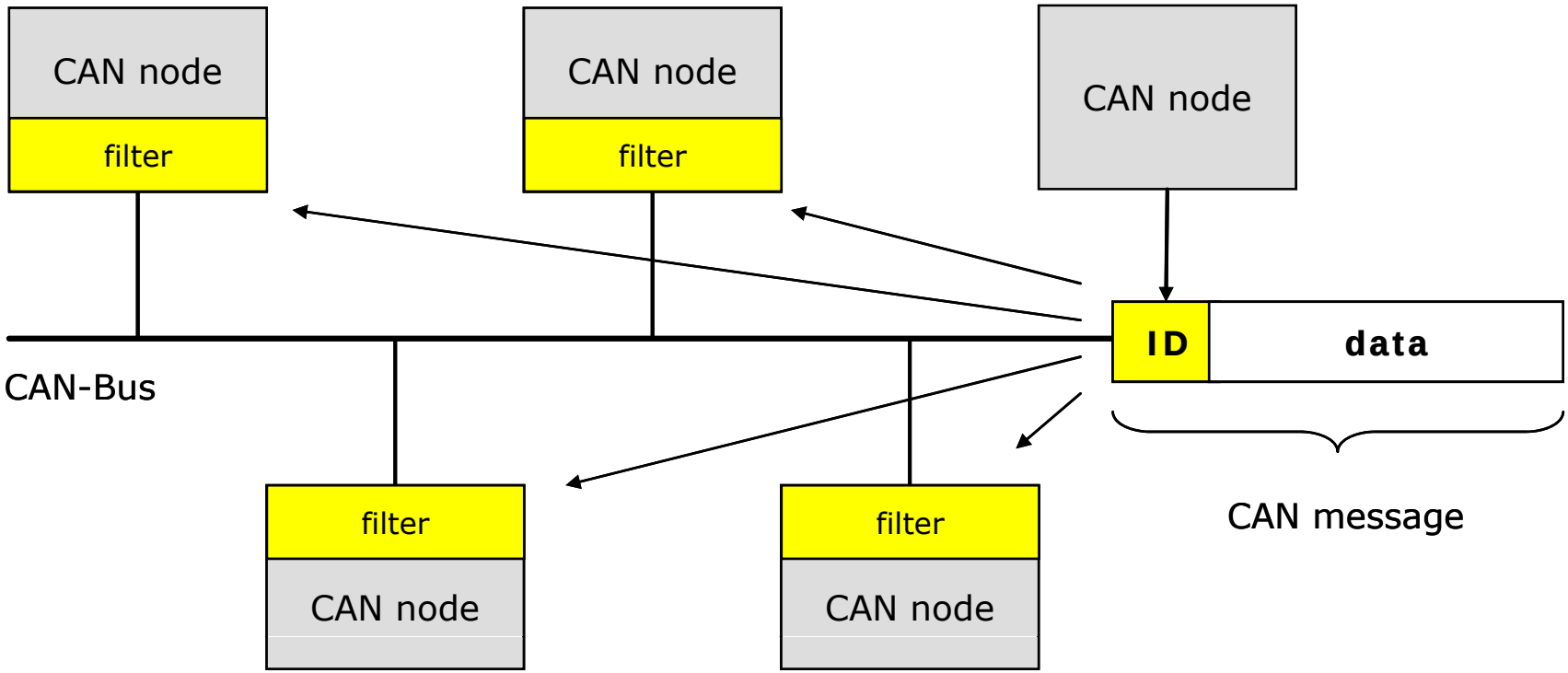
CAN总线基本概念

- 在CAN总线上传输的数据报文不包含发送节点和接收节点的信息
- 每个报文的内容通过标识符（ID）识别，标识符在网络中是唯一的
  - 标识符描述了数据的含义，同时也是决定优先级的主要因素
- 报文可以被所有节点同时接收（广播）
- 可以进行报文过滤

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

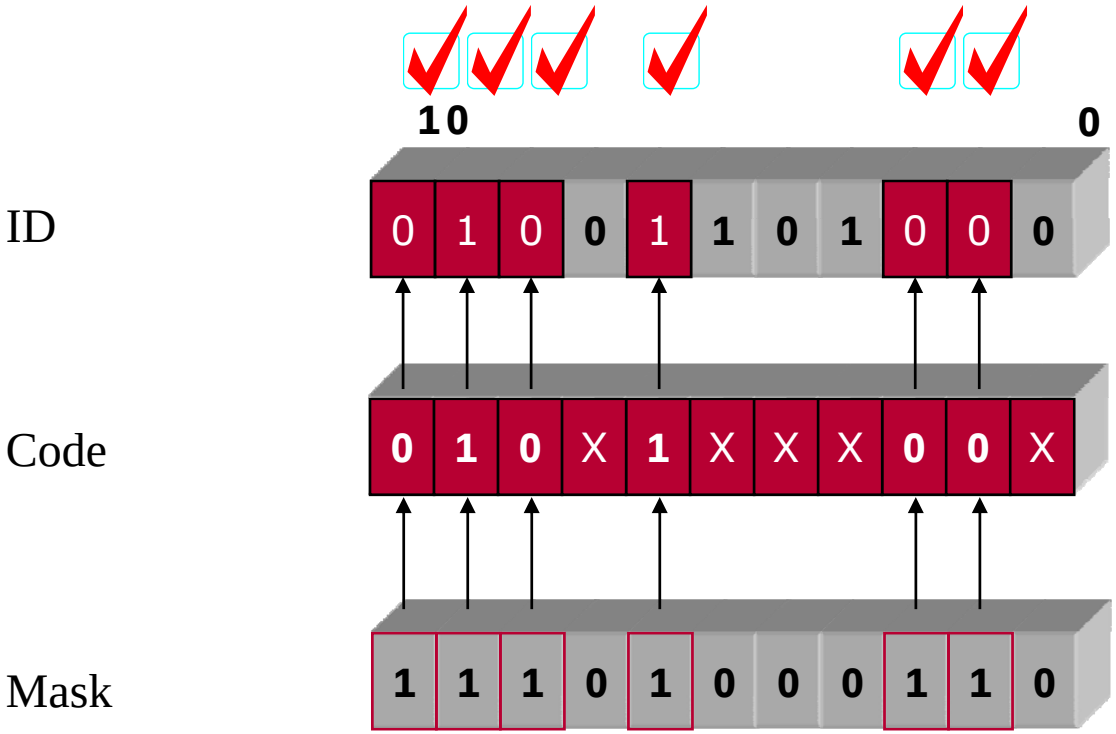
广播与过滤（1/2）



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

广播与过滤（2/2）



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

标识符（ID）

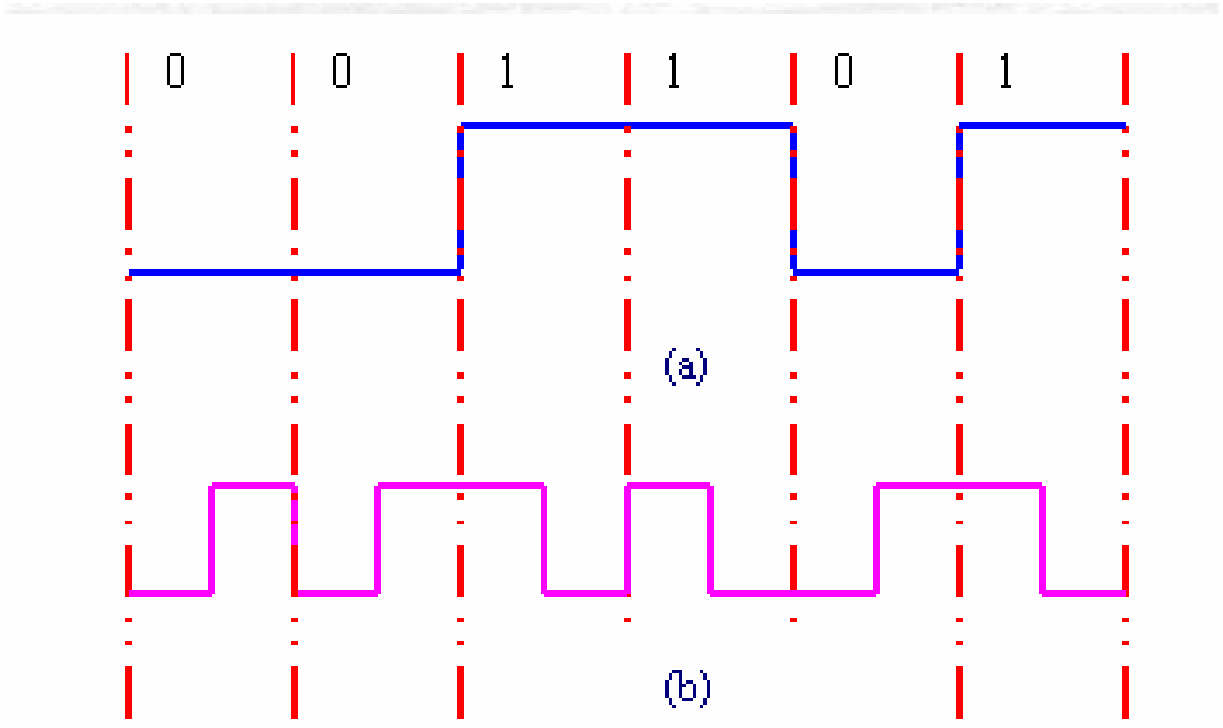
- 标识符是唯一的，它描述了数据的特定含义，也决定了报文的优先级
  - 标识符数值越小，优先级越高
- 最高优先级的报文在总线仲裁的过程中获得总线访问权
- 低优先级报文在下一个总线空闲自动重发

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

NRZ(Non-Return to Zero)编码

- 脉冲跳变最少，对外界干扰的抵抗能力强

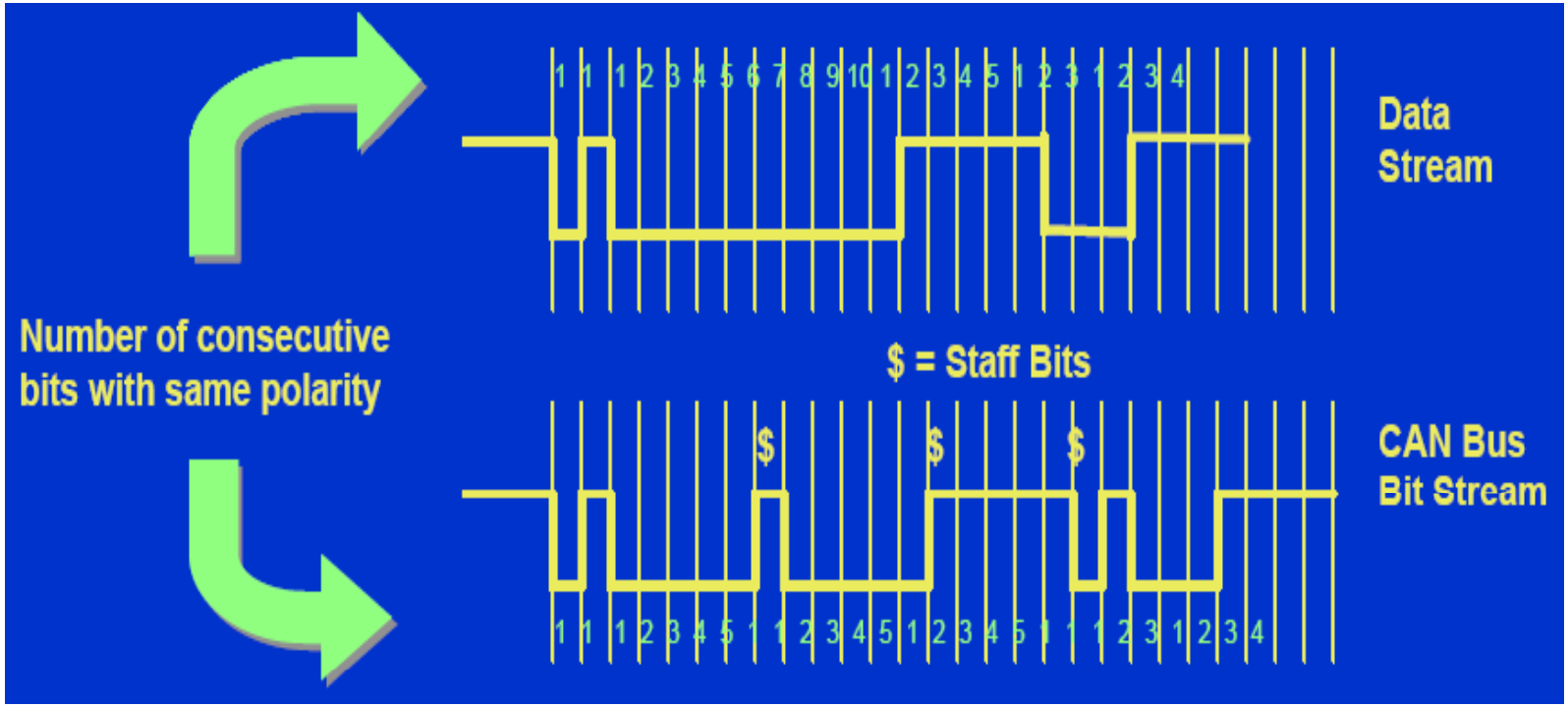


恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

位填充

- 位填充是为了提供足够的跳变沿
  - 填充位出现在5个连续的相同极性的位之后
  - 填充位与其前面的位极性相反

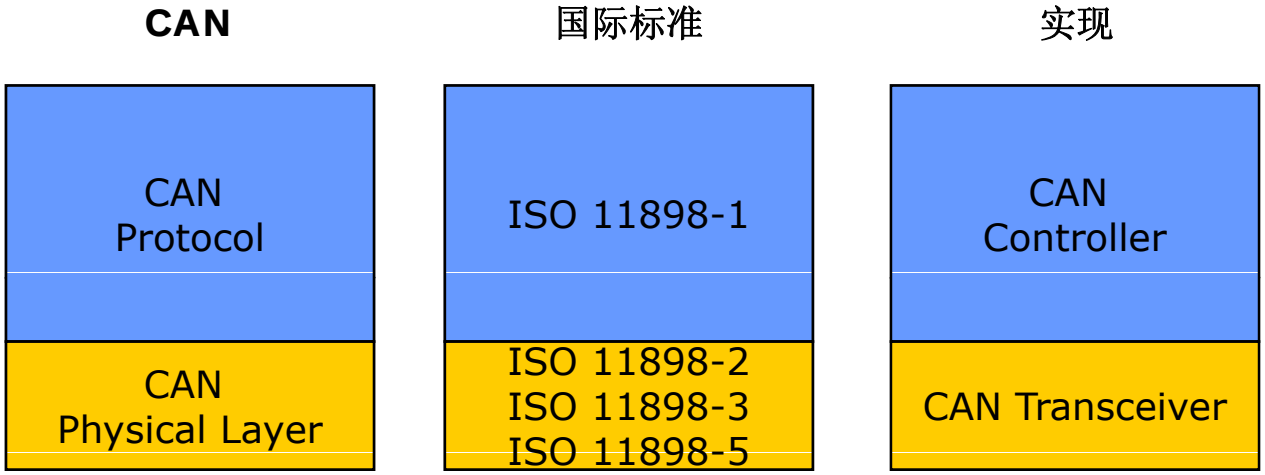


恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

国际标准

- ISO 11898
  - 11898-1 Data link layer and physical signalling
  - 11898-2 High-speed medium access unit
  - 11898-3 Low-speed, fault-tolerant, medium-dependent interface
  - 11898-5 High-speed medium access unit with low-power mode

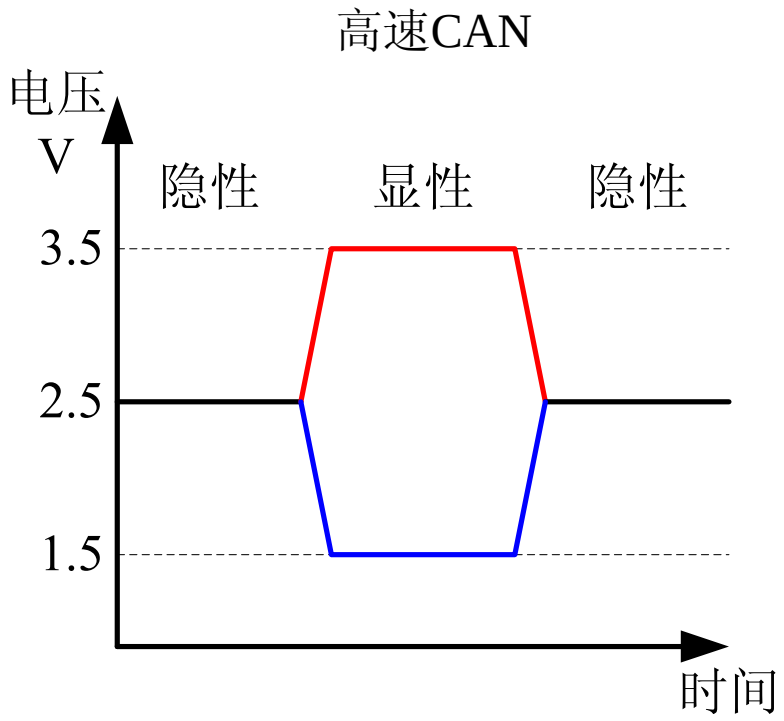


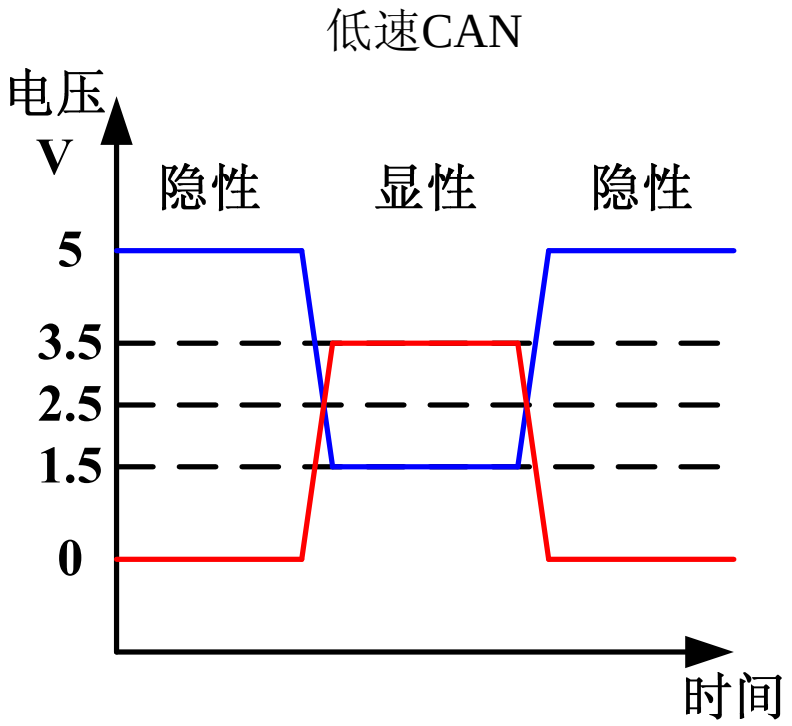
恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

显性位与隐性位

- 显性位=0
- 隐性位=1





恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

线与

Two logic states possible on the bus:
“1” = recessive
“0” = dominant

“1” = recessive
“0” = dominant

A	B	C	BUS
D	D	D	D
D	D	R	D
D	R	D	D
D	R	R	D
R	D	D	D
R	D	R	D
R	R	D	D
R	R	R	R

As soon as one node nodes transmits a dominant bit (zero):
Bus is in the dominant state.

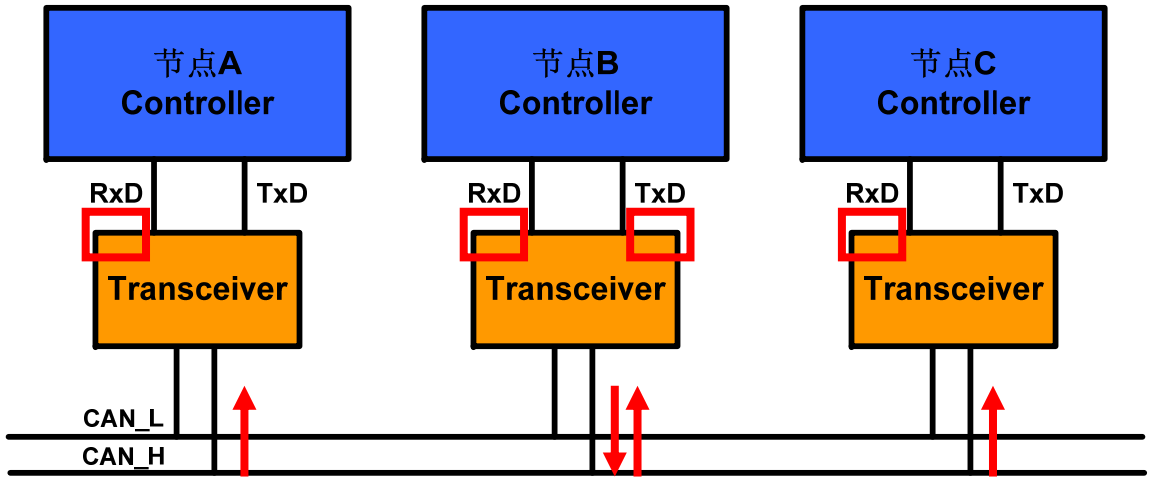
Only if all nodes transmit recessive bits (ones):
Bus is in the recessive state.

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

回读

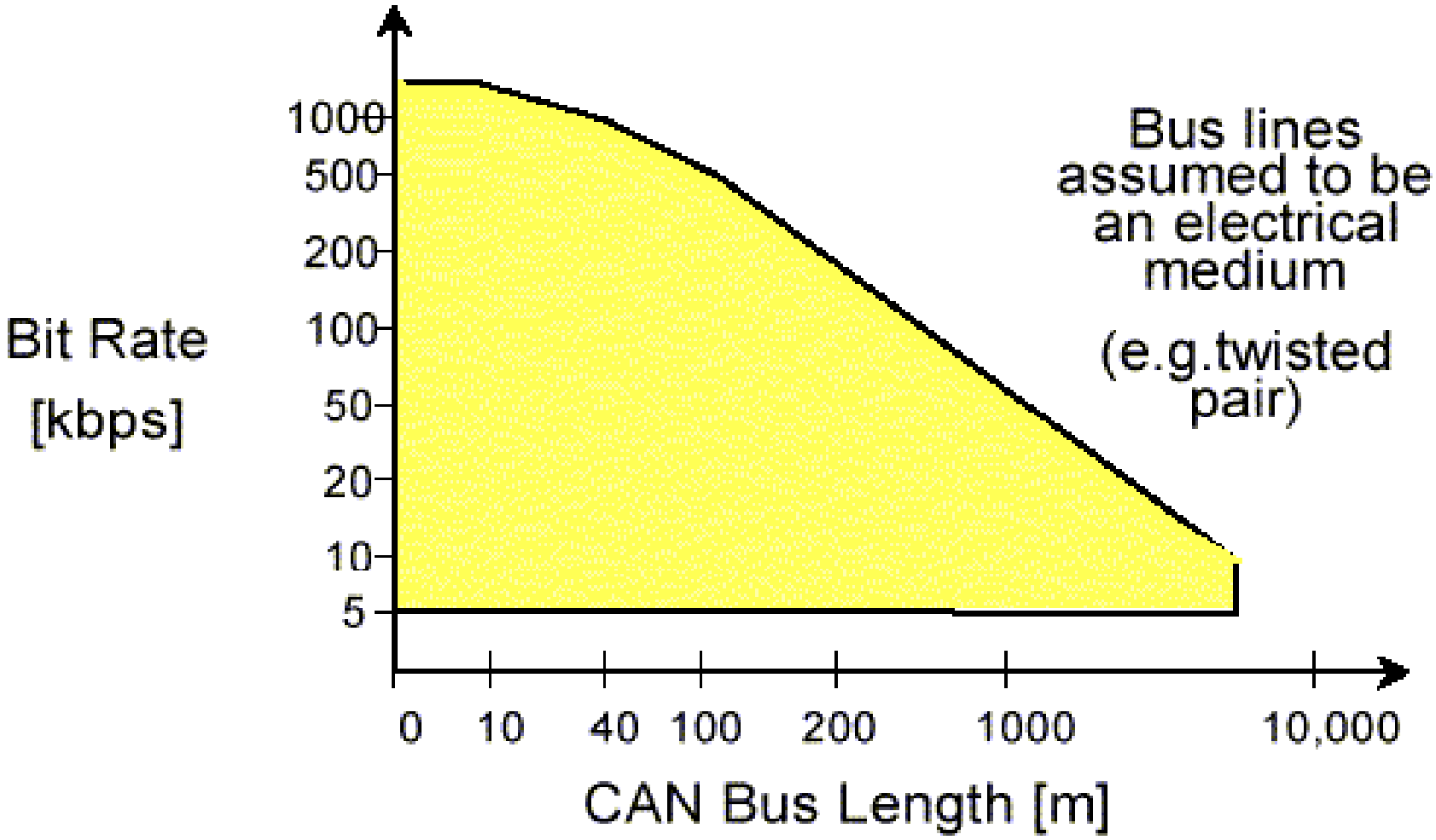
- 节点在发送每个位的同时读取总线上的电平信号



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

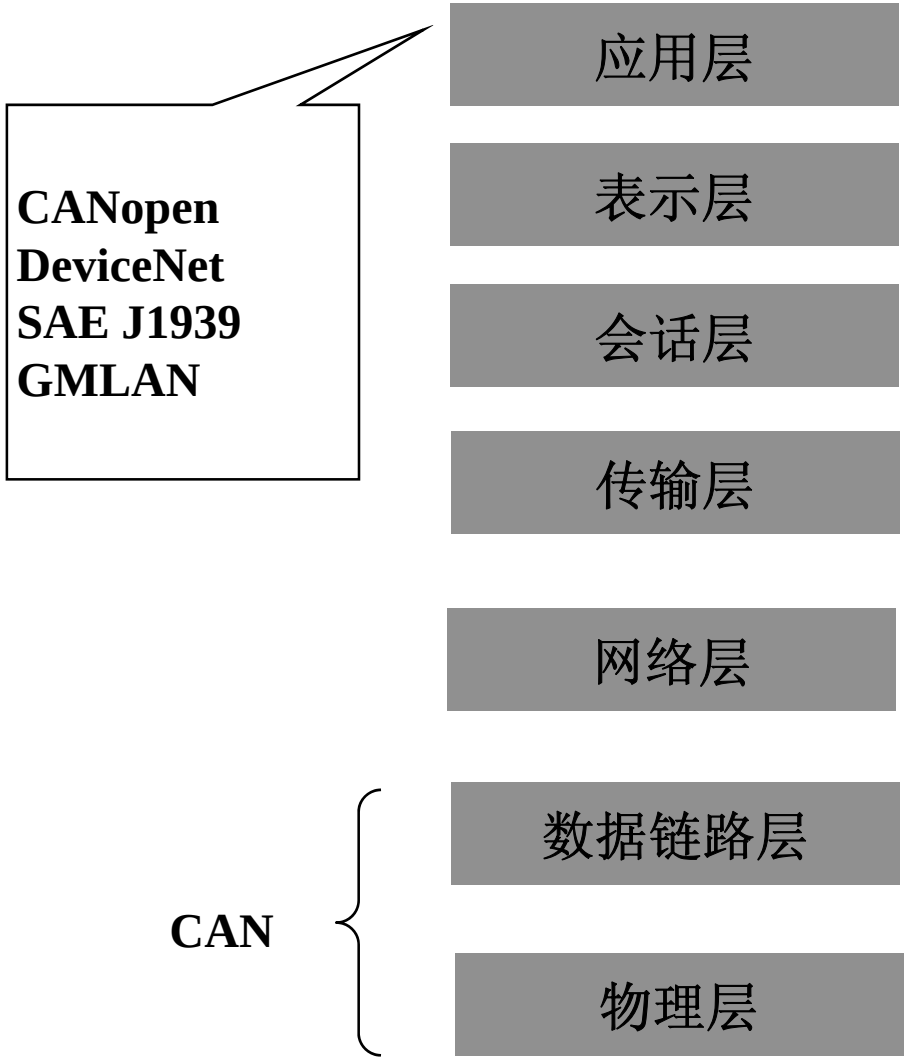
总线长度与波特率



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

OSI参考模型



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

目录

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

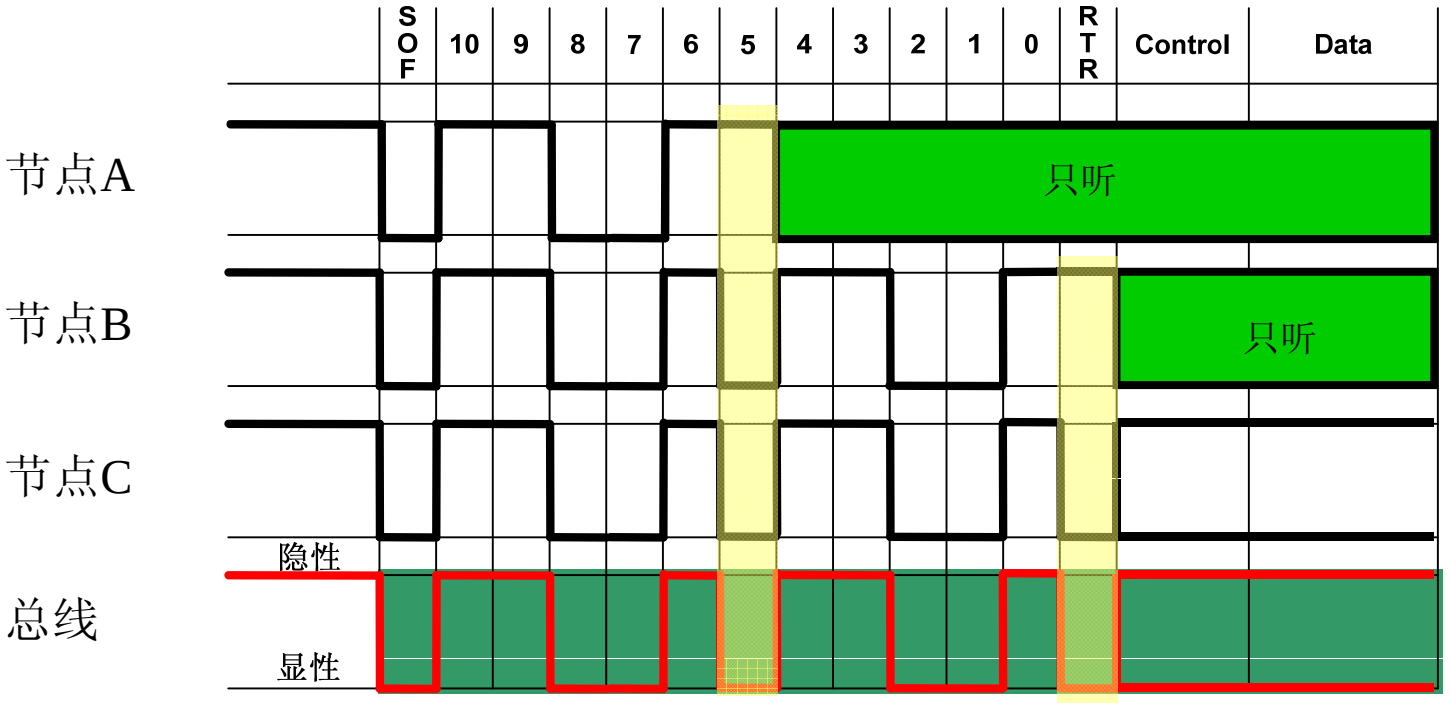
总线仲裁(1/2)

- 总线访问机制
  - 载波侦听和带冲突检测协议的多路访问（CSMA/CD）
  - CAN报文的优先级由标识符值决定
    - 标识符的数值在系统设计的初始阶段分配
    - 不同节点不允许发送相同ID报文（远程帧除外）
    - 标识符数值越小，优先级越高。
  - 总线冲突通过非破坏性位序列仲裁解决。

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

总线仲裁(2/2)



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

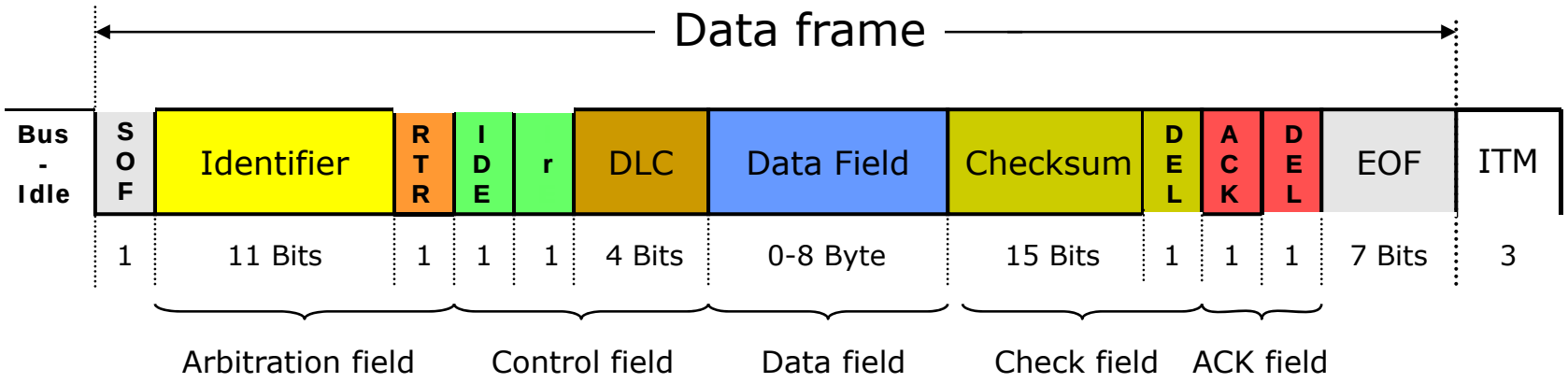
帧格式

- 数据帧
- 远程帧
- 错误帧
- 过载帧
- 帧间空间

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

数据帧

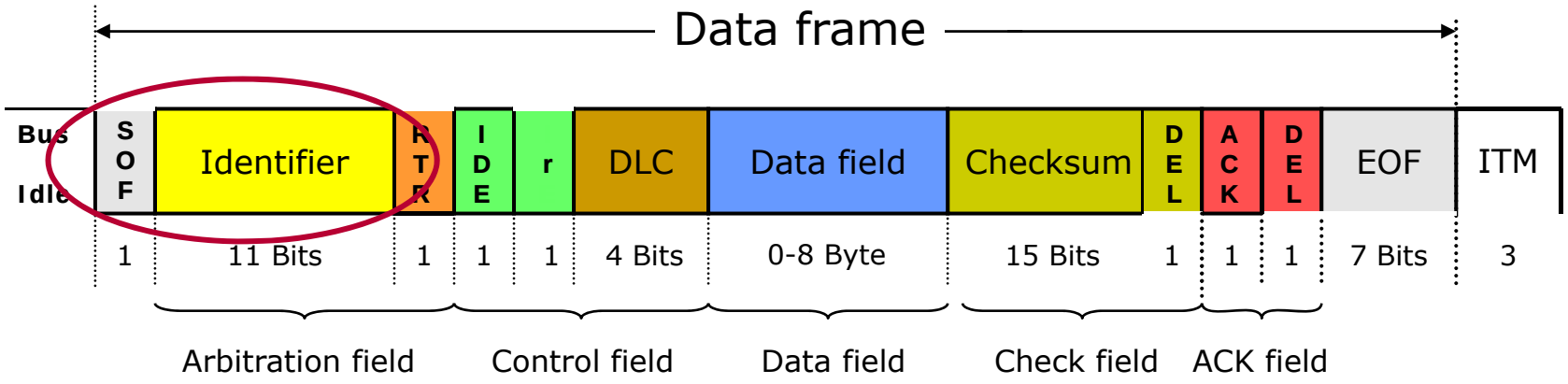


SOF	Start Of Frame 帧起始位	**DLC**	Data Length Code 数据长度代码
RTR	Remote Transmission Request 远程传输请求位	**ACK**	Acknowledgement 应答
IDE	Identifier Extension 标识符扩展	**EOF**	End Of Frame 帧结束场

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

SOF和标识符

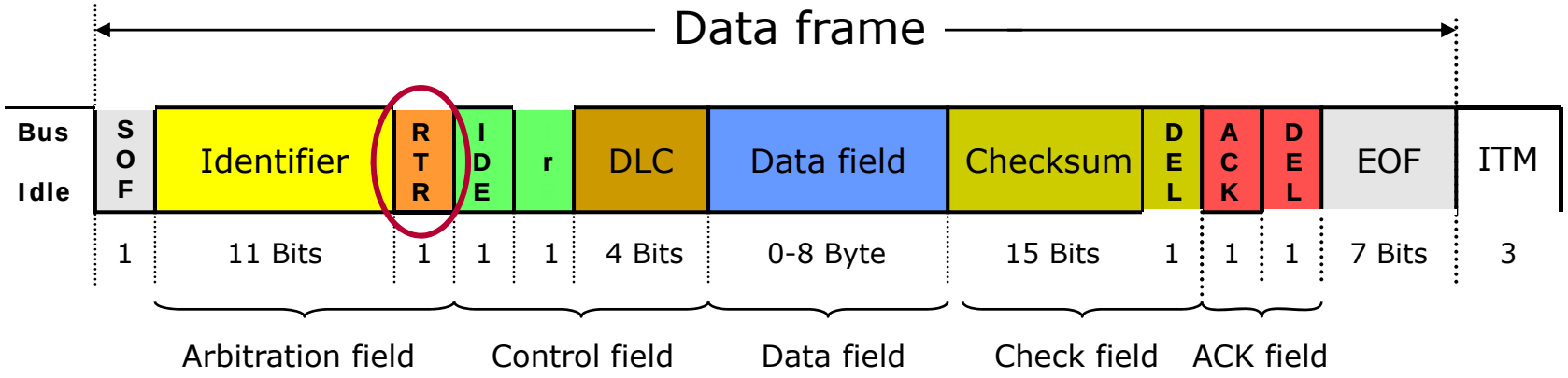


- **SOF**
  - 一个显性位，表明一帧的开始
- **Identifier (ID)**
  - 姓名
  - 职务

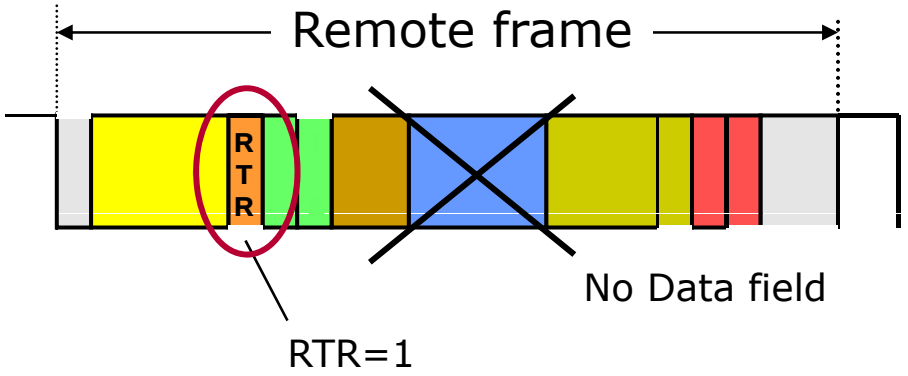
恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

RTR



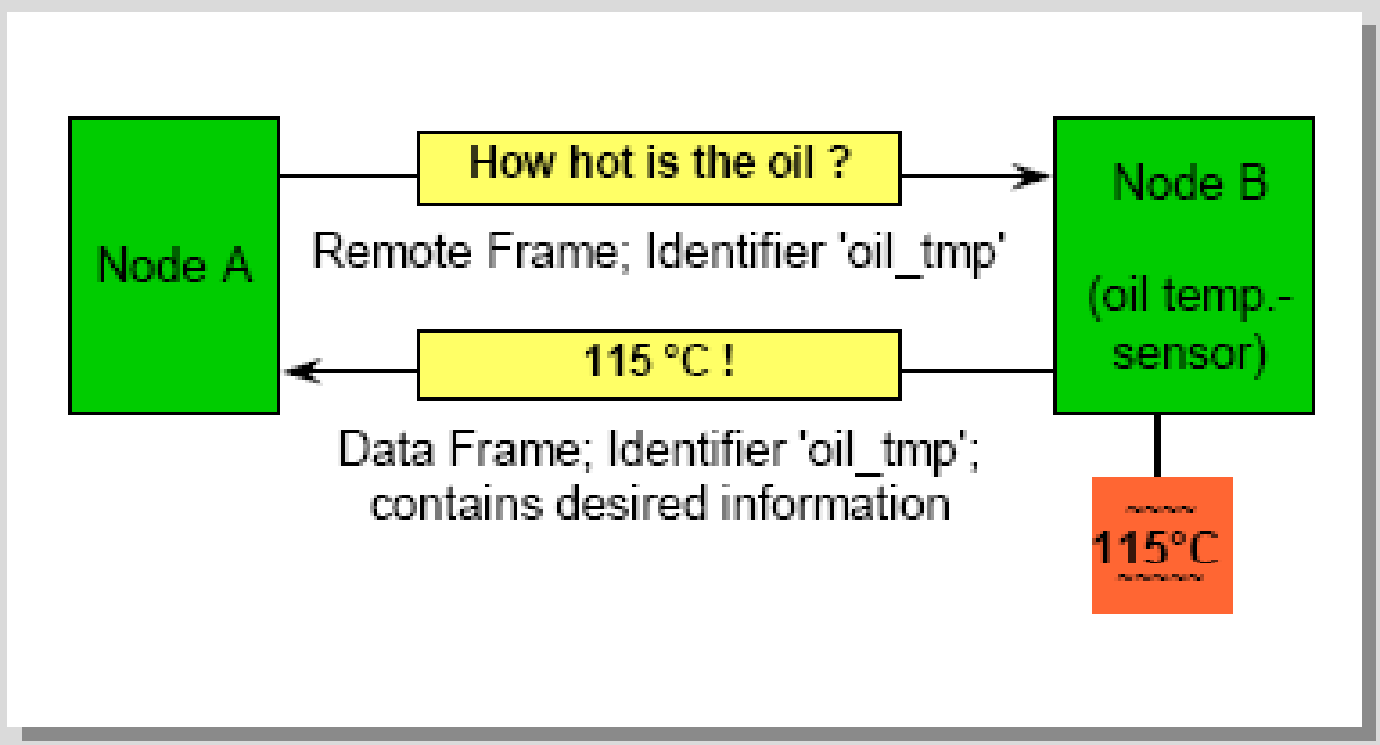
- **RTR** – 远程传输请求位
  - RTR = 0: 数据帧
  - RTR = 1: 远程帧



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

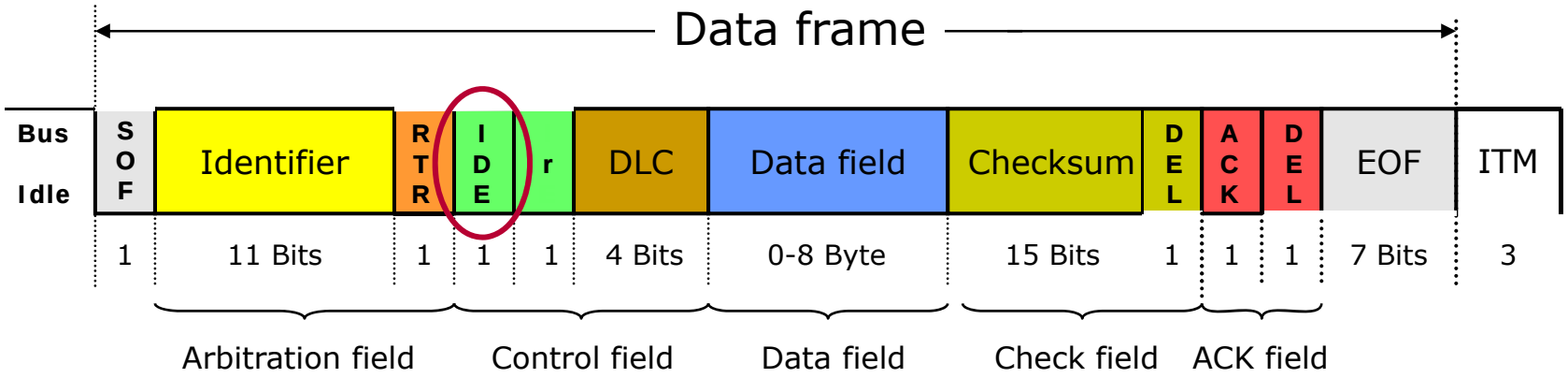
远程帧的使用



恒润科技
HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

IDE



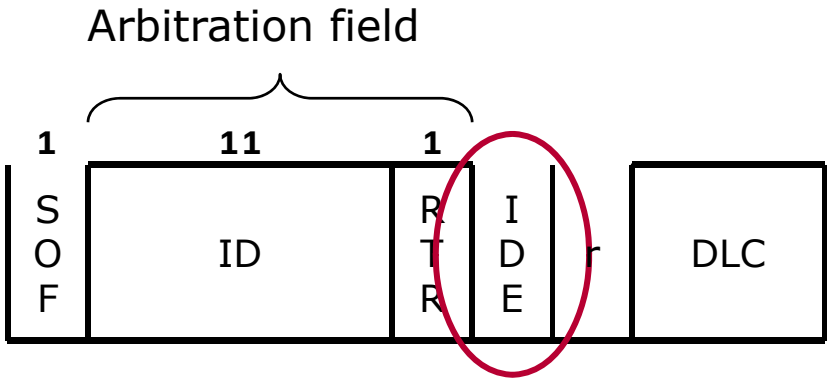
- **IDE** – 标识符扩展位
  - IDE = 0: 11 bits → 标准CAN
  - IDE = 1: 29 bits → 扩展CAN

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

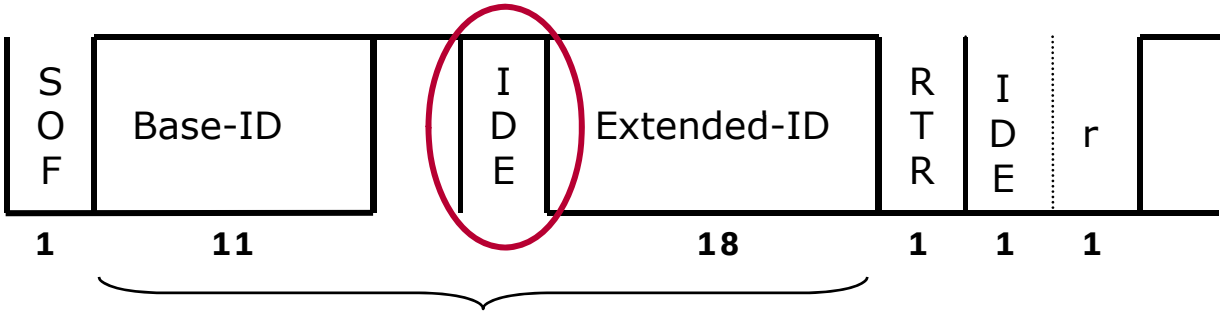
vector

标准CAN与扩展CAN

IDE=0:
标准CAN
2048个标识符



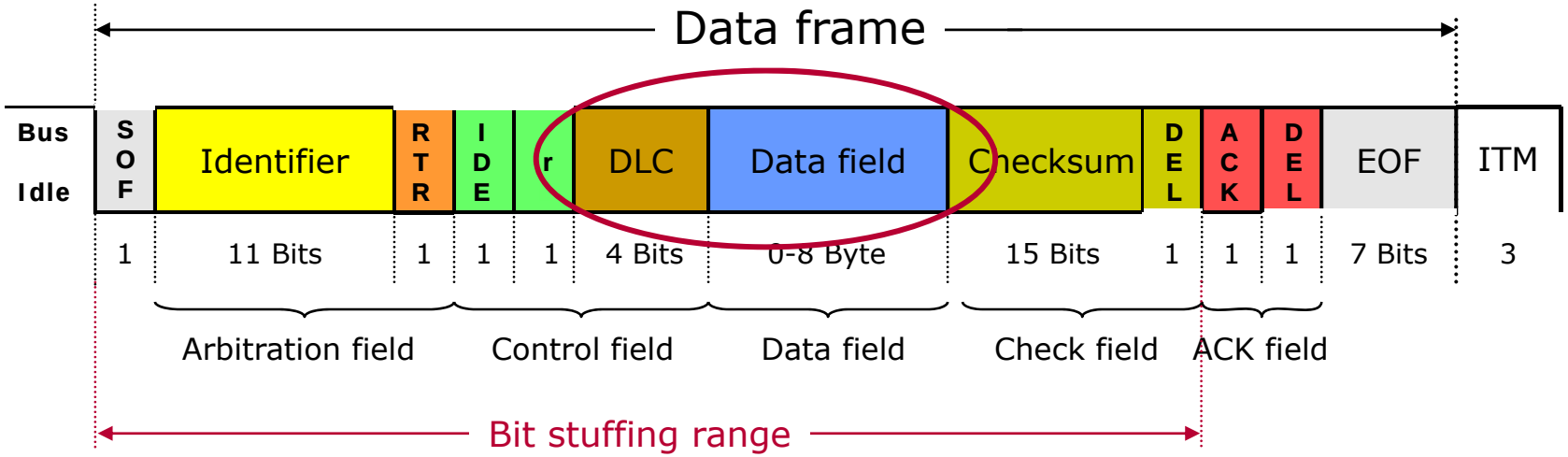
IDE=1:
扩展CAN
5亿多个标识符



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

DLC与数据场

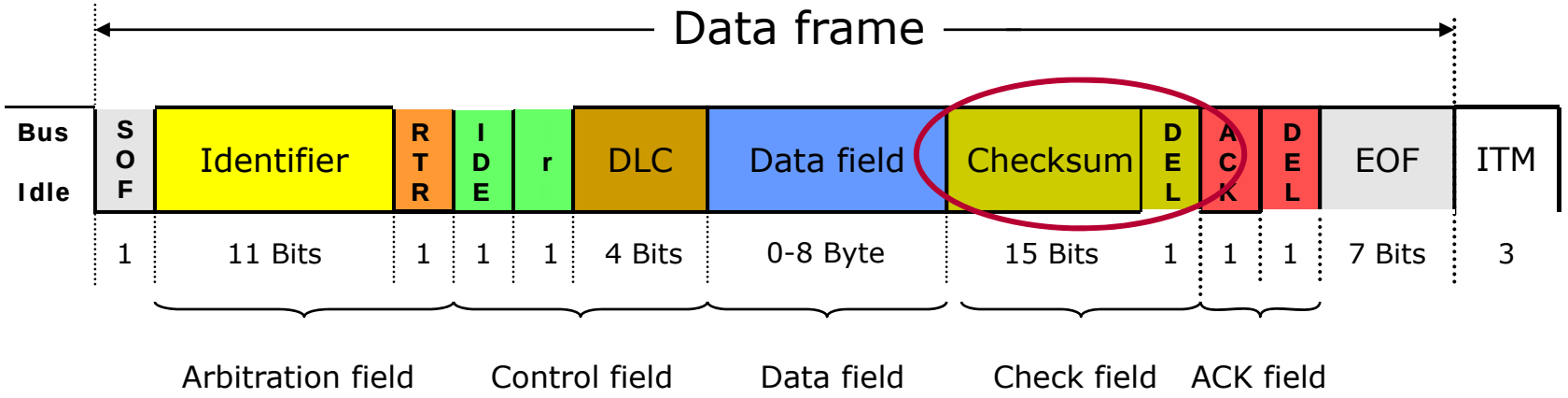


- **DLC – 数据长度代码**
  - 0~8
- 数据场
  - 最大8个字节

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

校验场

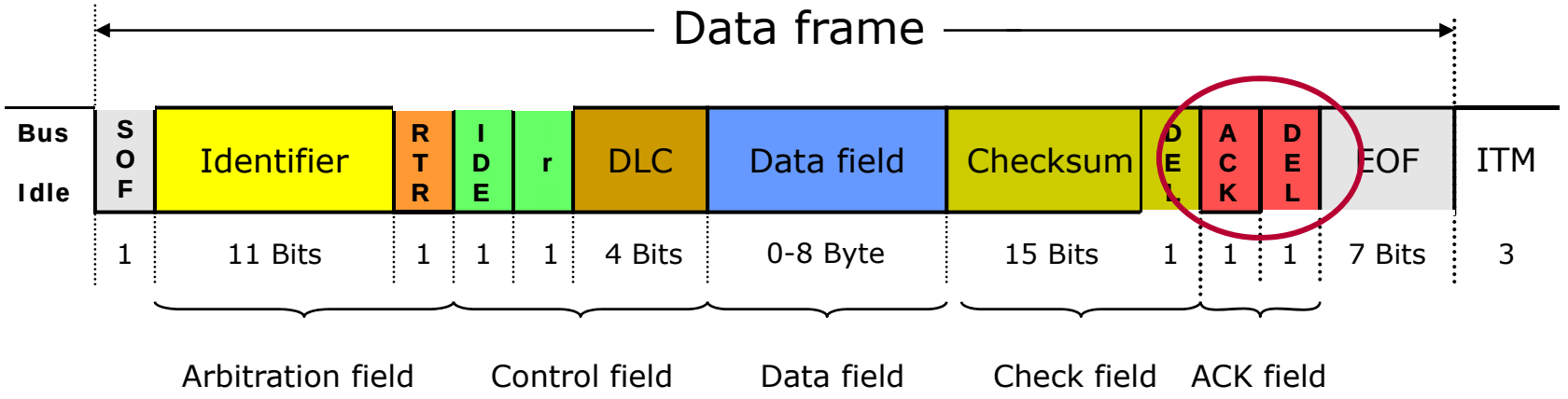


- 校验和
  - $G(x) = x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^4 + x^3 + 1$
- 校验场分隔符
  - 一个隐性位

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

应答场

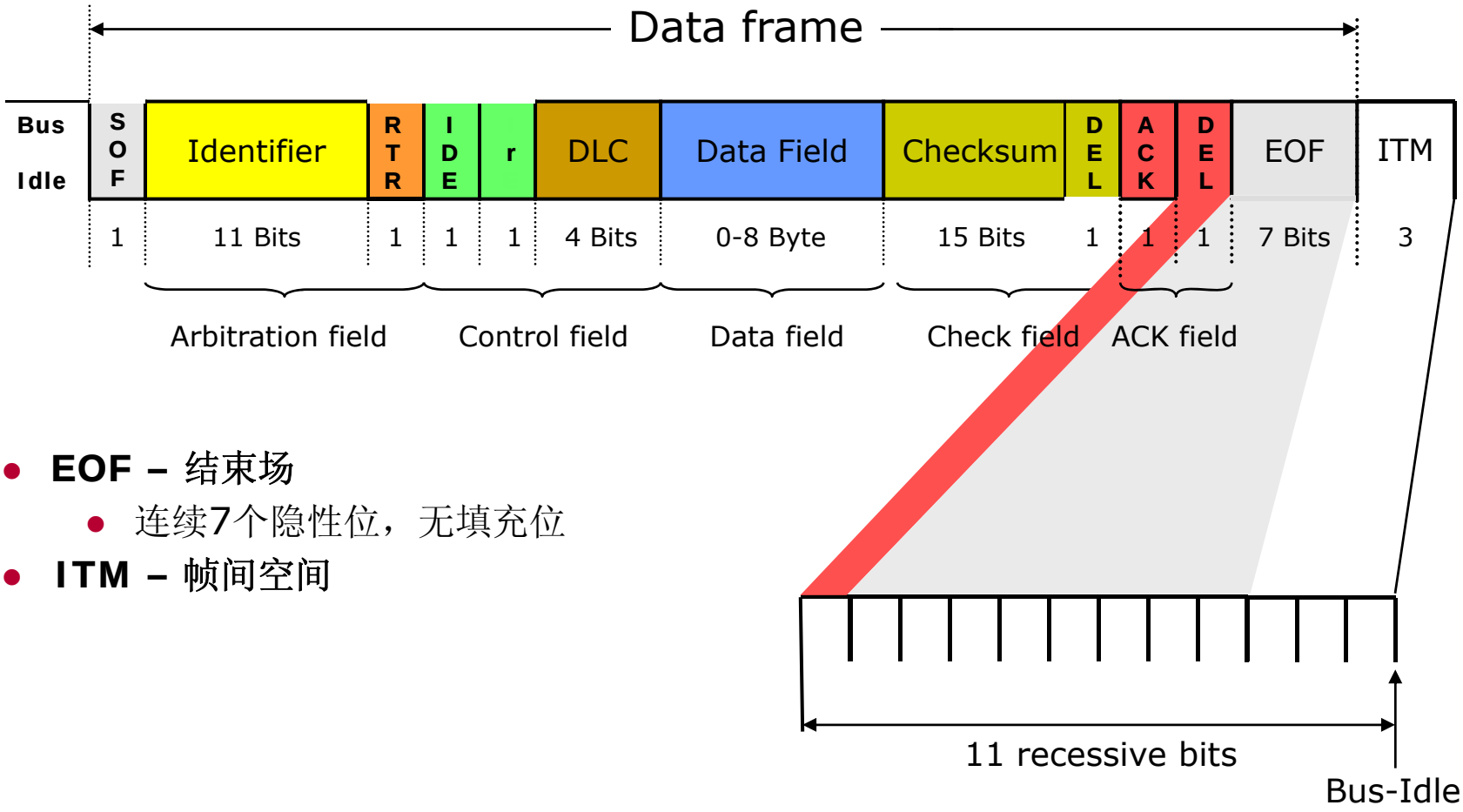


- 应答间隙**(ACK Slot)**
  - 发送节点：1
  - 接收节点：0
- 应答场分隔符**(ACK Delimiter)**
  - 一个隐性位

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

EOF与ITM



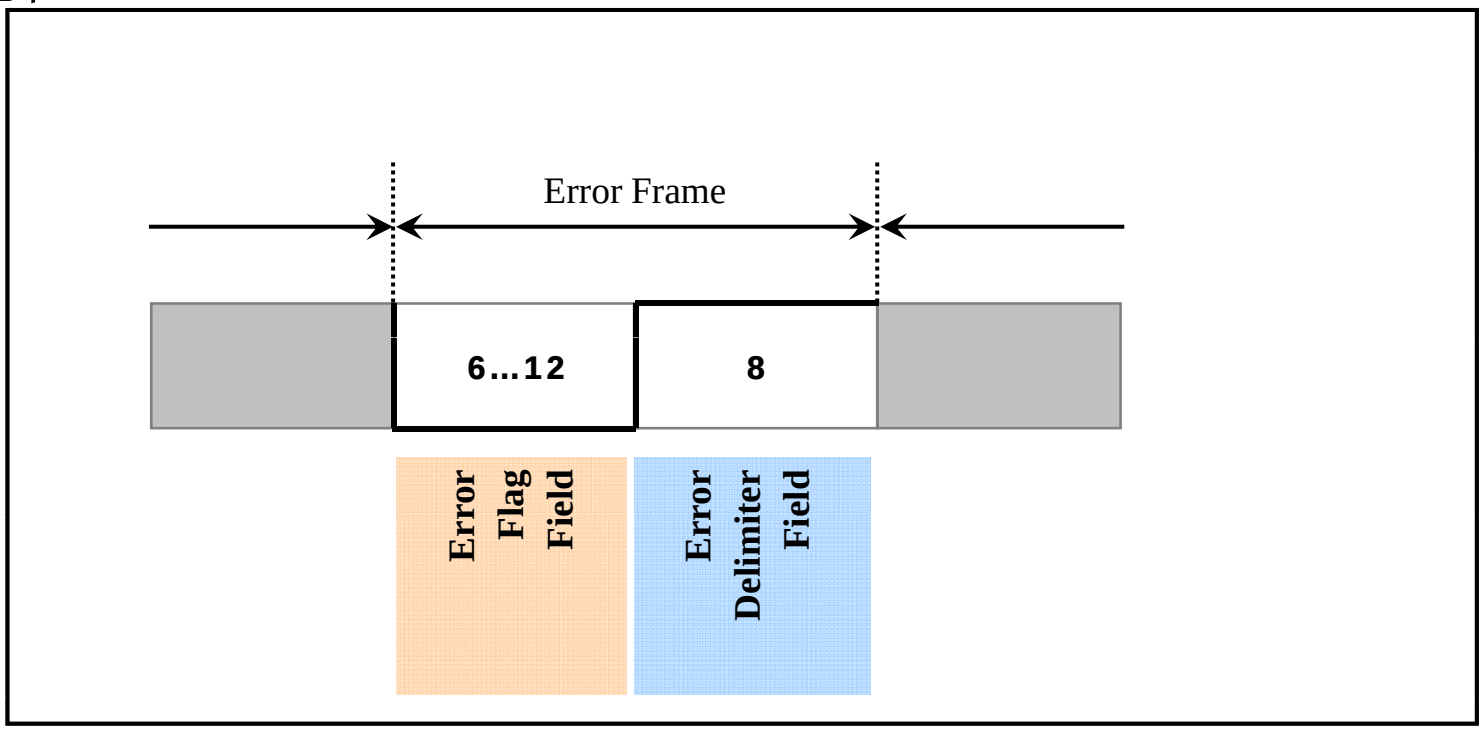
- **EOF – 结束场**
  - 连续7个隐性位，无填充位
- **ITM – 帧间空间**

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

错误帧

- 用于表明发生了错误
  - 错误主动与错误被动
  - 无填充位

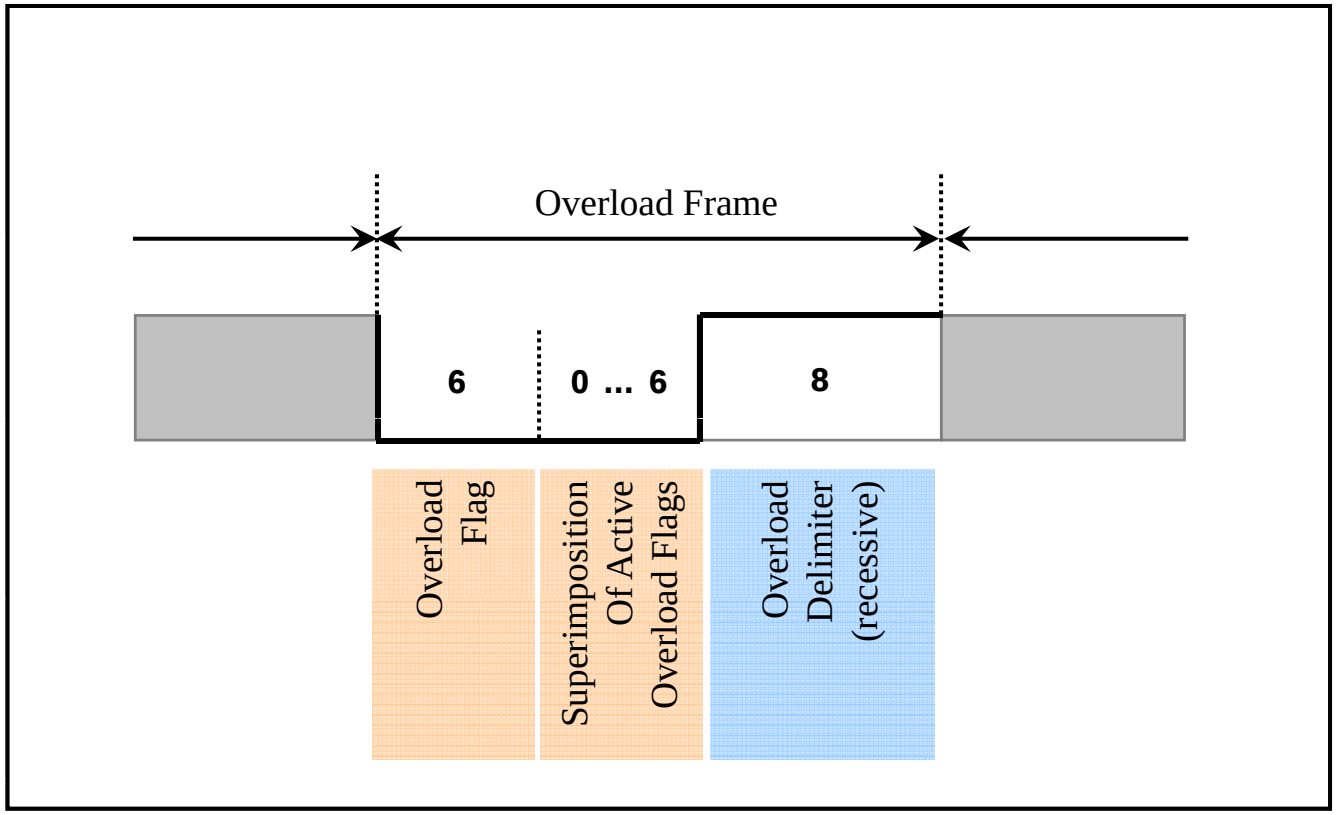


恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

过载帧

- 延缓其它节点发送报文
- 每个节点最多连续发送两条过载帧



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

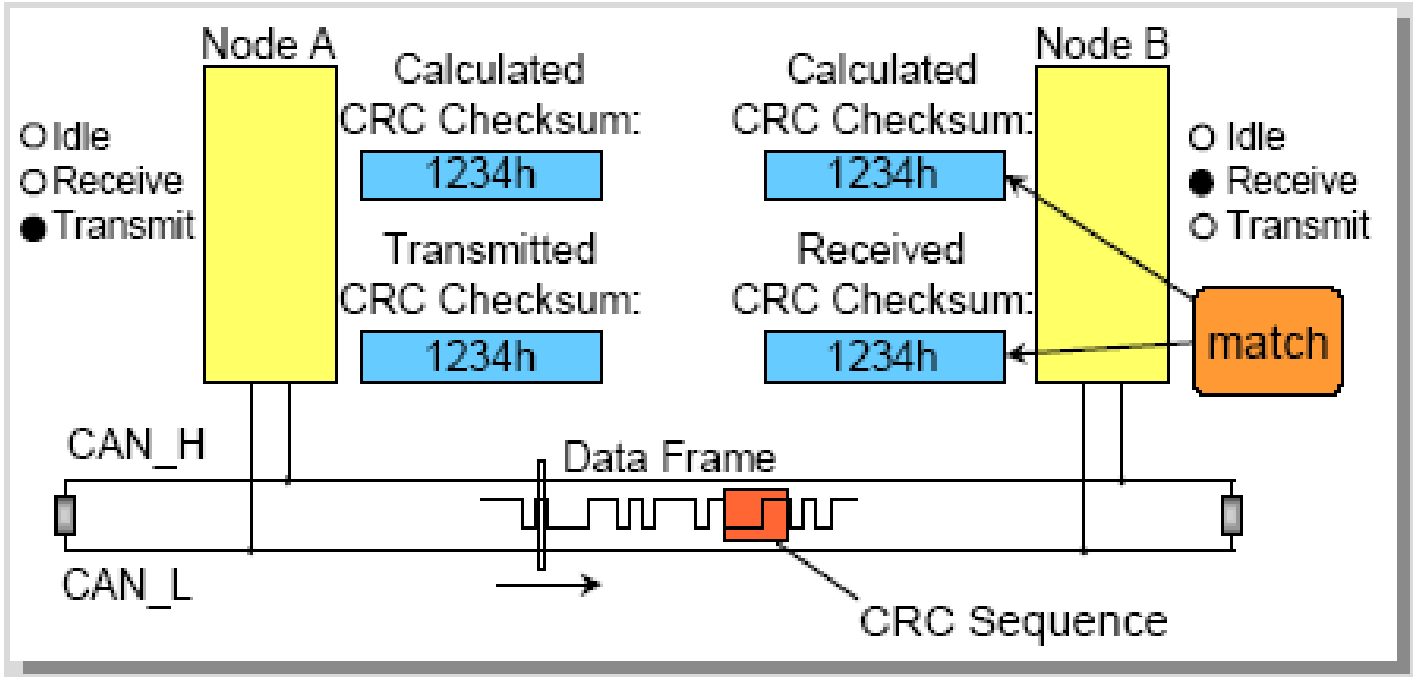
vector

错误分类

- CRC错误（CRC Error）
- 形式错误（Form Error）
- 填充错误（Stuff Error）
- 应答错误（ACK Error）
- 位错误（Bit Error）

CRC校验（1/2）

- 接收到的校验值必须与计算出的校验值一致

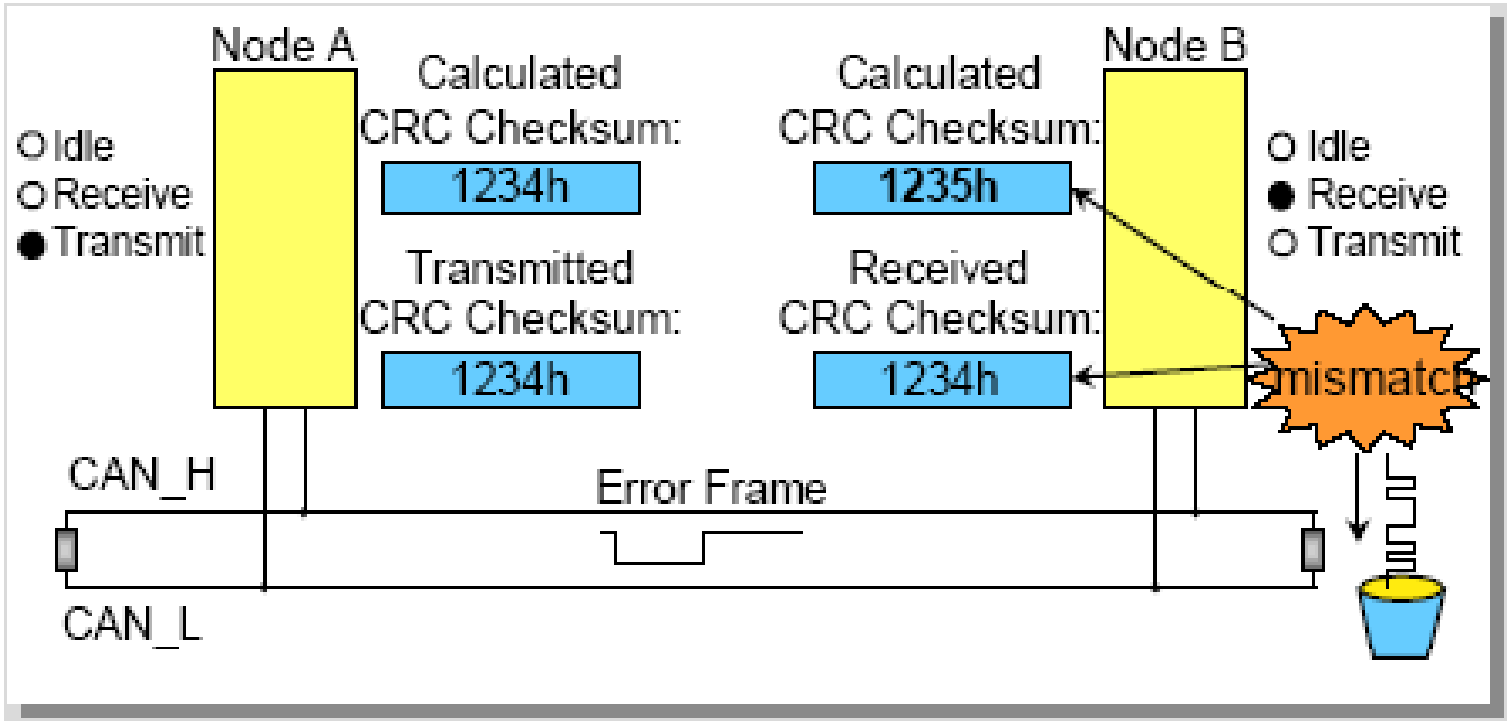


恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

CRC校验（2/2）

- 否则，发送错误帧

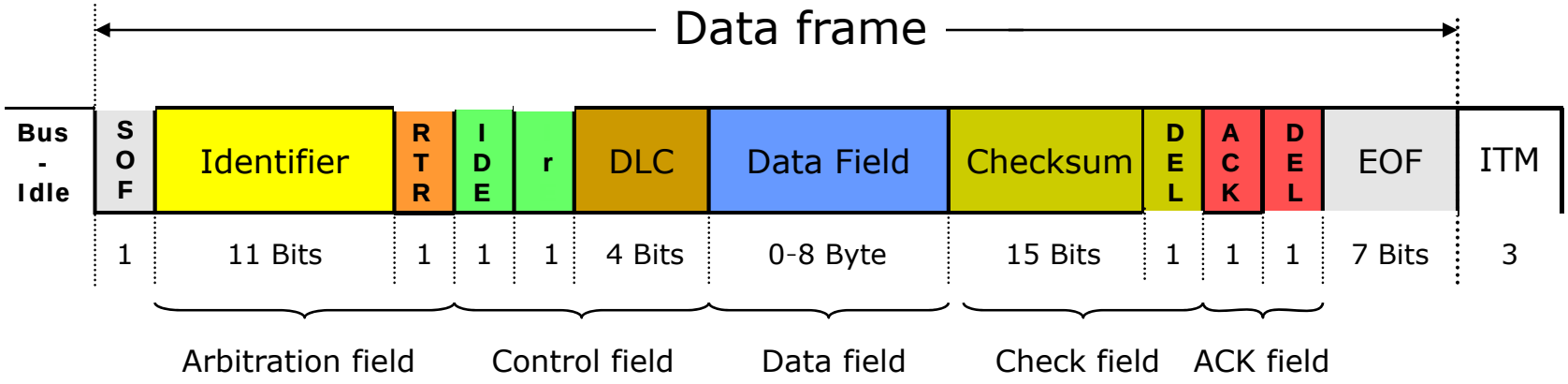


恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

形式检测

- 在CRC分隔符、ACK分隔符、帧结束和帧间隔中不允许出现显性位

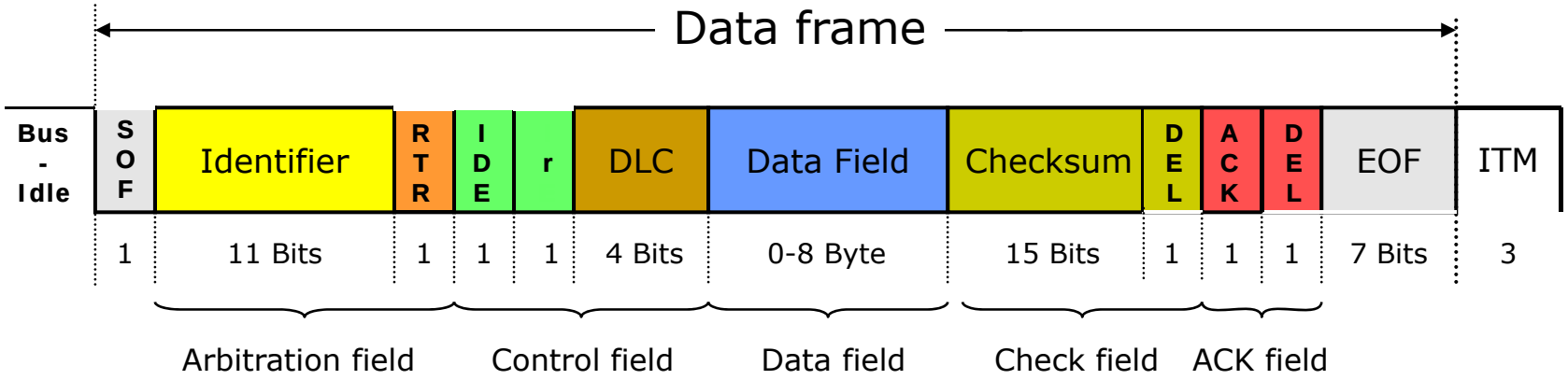


恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

位填充检查

- 检查区间从SOF到CRC分隔符

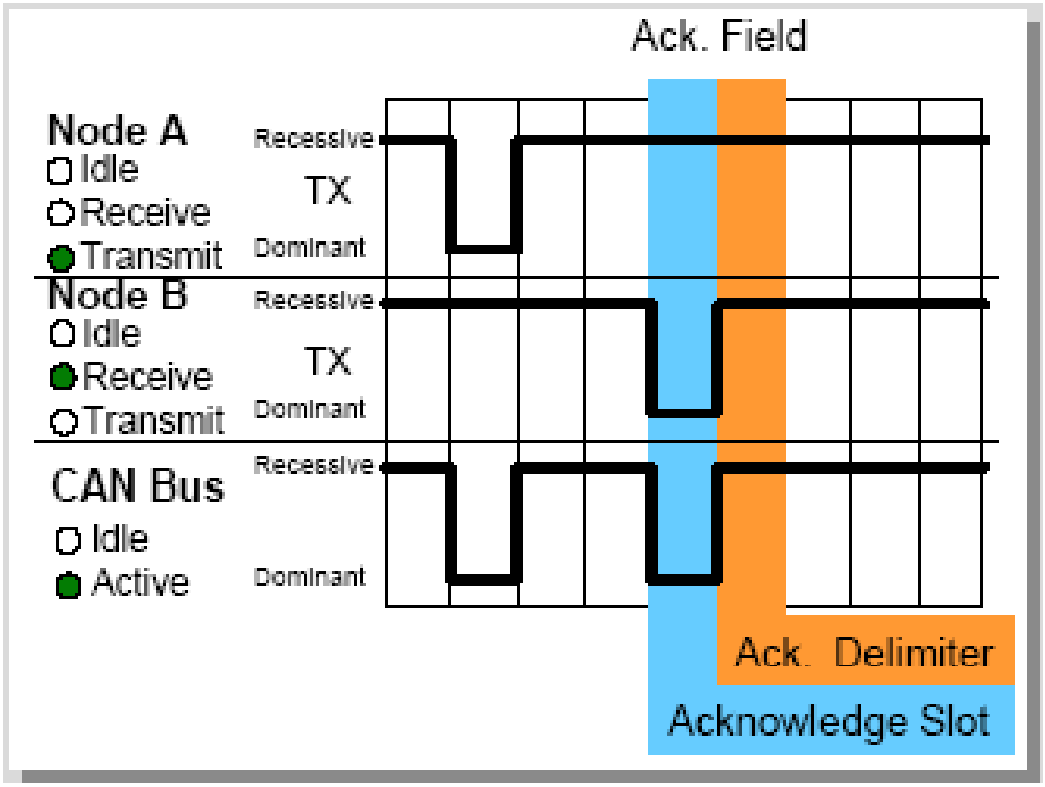


恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

应答

- 只有一个节点的网络无法工作！



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

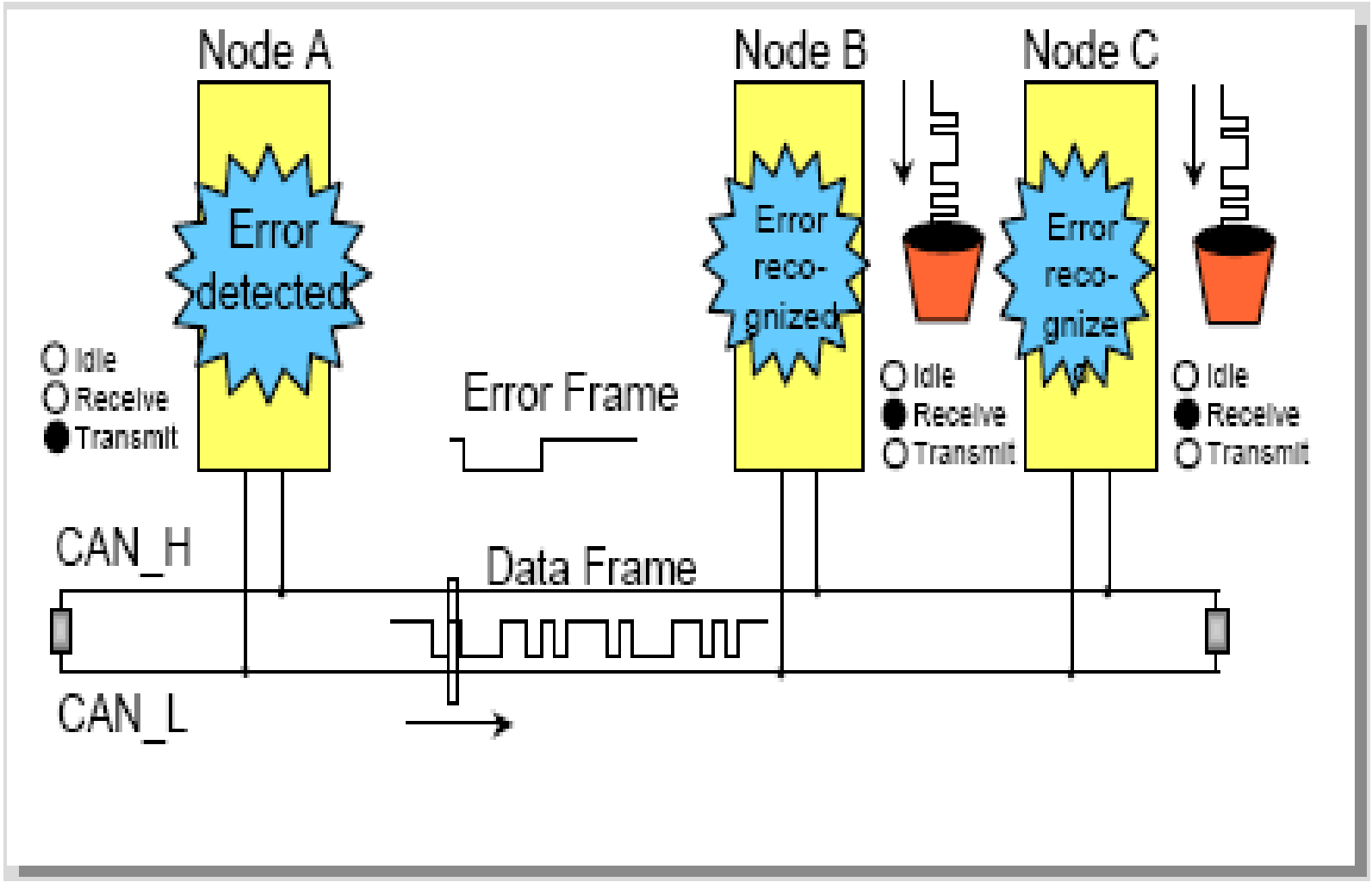
回读

- 所发送的位必须从总线上正确回读，否则就是一个位错误
- 在仲裁场和应答间隙，隐性位可以被显性位重写

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

错误处理（1/2）

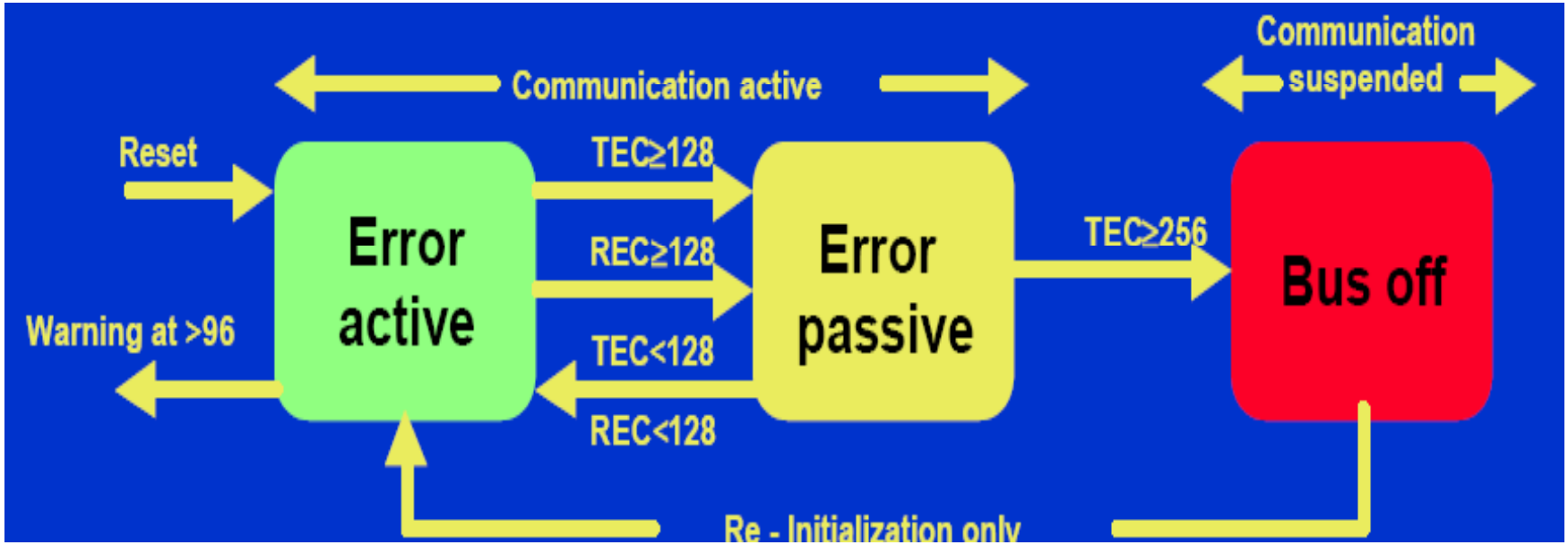


恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

错误处理（2/2）

- CAN控制器三种状态



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

错误计数器

1、在接收过程中发现一个错误，接收错误计数器加1

例外：在错误帧Flag或过载帧Flag发送过程中的位错误不计数

2、当接收节点发现错误帧Flag之后的第一个位为显性位，接收错误计数器加8

3、当一个发送节点发送一个错误帧，发送错误计数器加8

例外1：如果发送节点为被动错误状态，则当起没有检测到显性应答或发送错误帧时没有检测到显性位

例外2：如果发送节点发送错误帧是由于在仲裁过程中发生了位填充错误（这个填充位在RTR位之前，应该为隐性。这个填充位的确是被当作隐性发送出去的，但是通过对总线的检测发现是显性）

4、如果发送节点在发送主动错误Flag或过载Flag的过程中发现一个位错误，发送错误计数器加8

5、如果接收节点在接收主动错误Flag或过载Flag的过程中发现一个位错误，接收错误计数器加8

6、任何节点在发送主动错误Flag，被动错误Flag或过载Flag之后，最多能够容忍7个连续的显性位。如果出现了第8个显性位，则发送节点的发送错误计数器加8，接收节点的接收错误计数器加8：

7、当成功发送一个报文，发送错误计数器减1

8、当成功接收一个报文，接收错误计数器减1（如果接收错误计数器在1到127之间）。如果接收错误计数器大于127，则接收错误计数器被置为119到127之间的一个值。

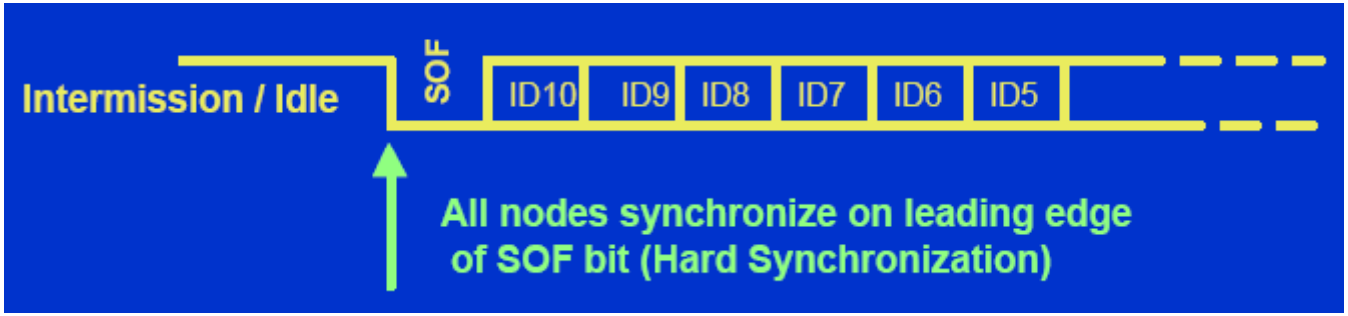
9、当节点进入Bus off状态时，如果总线上出现128个连续的11位隐性位，发送错误计数器和接收错误计数器被清零。

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

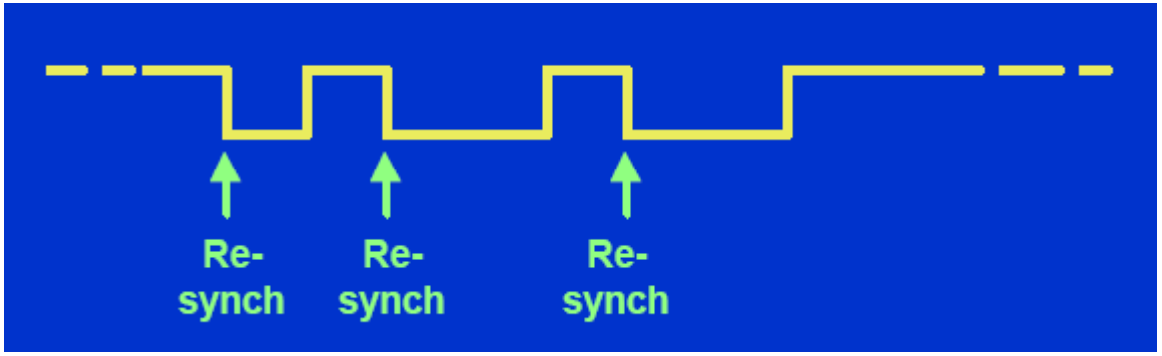
vector

同步

- 硬同步：新闻联播！



- 重同步：一秒钟有多长？

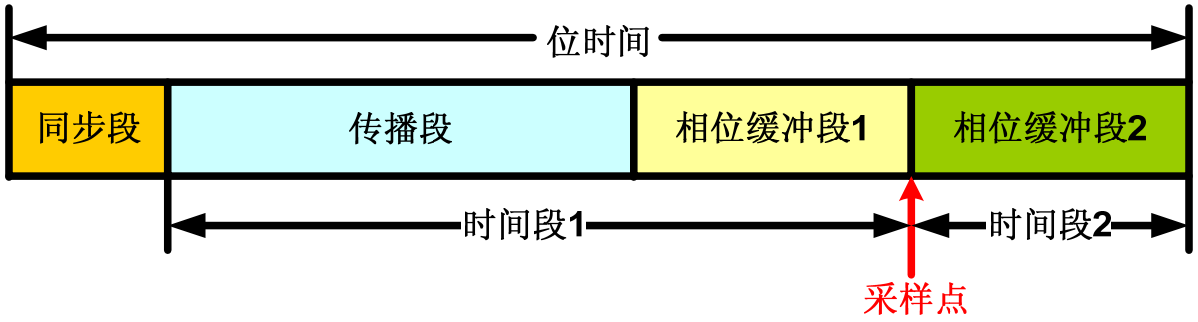


恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

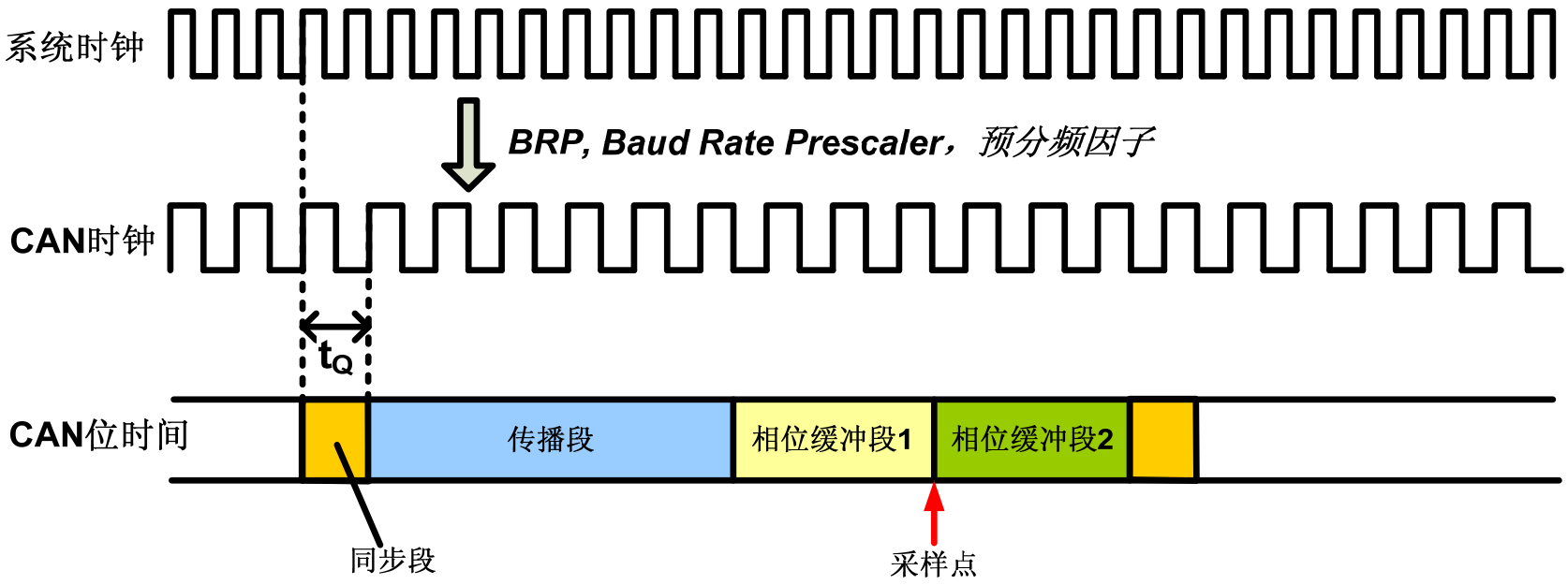
位定时的组成

- 一个位时间包含4个时间段，8-25个时间份Time Quantum(TQ)
- 为了编程方便，许多CAN模块将传播段和相位缓冲段合并，称为时间段1；将相位缓冲段2称为时间段2



时间份额与波特率

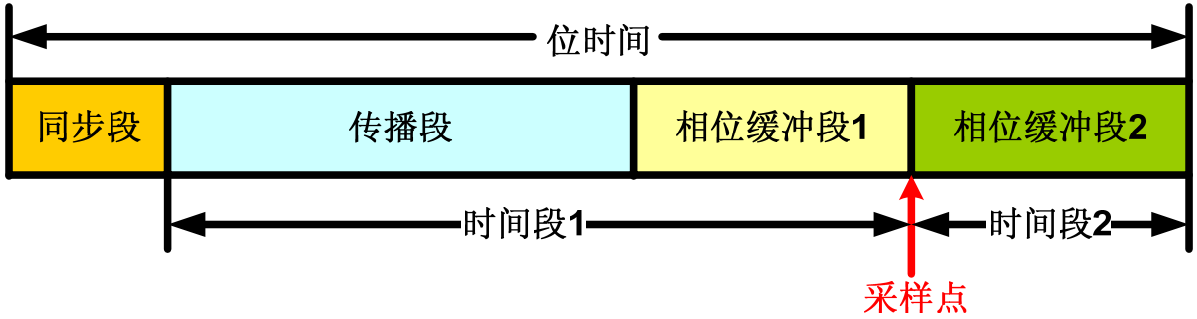
- 时间份额来源于对系统时钟可编程的分频



- 波特率=1/位时间=1/(n*t_q)

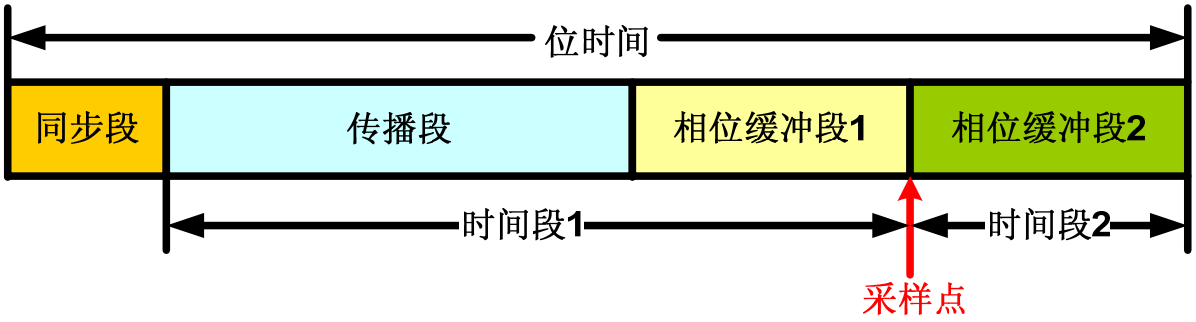
同步段

- 一个位的输出从同步段开始
- 用于同步各个节点，跳变沿产生在此段内
- 固定长度，1个TQ



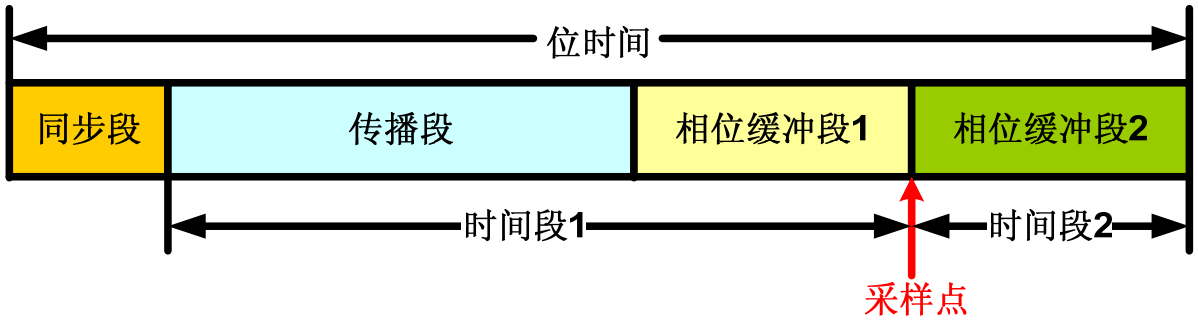
传播段

- 传播段用于补偿信号通过网络和节点传播的物理延迟
- 传播段长度应能保证2倍的信号在总线的延迟
- 长度可编程（1...8个时间份额或更长）



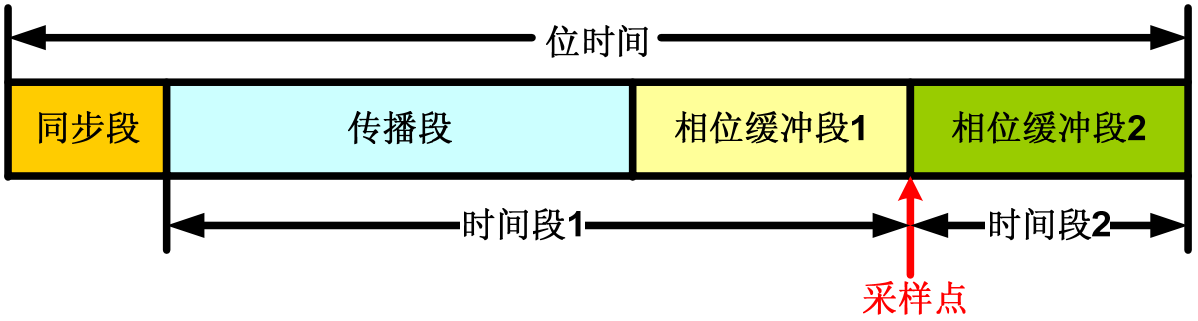
相位缓冲段1

- 允许通过重同步对相位缓冲段1加长
- 相位缓冲段1末端进行总线状态的采样
- 长度可编程（1…8个时间份额或更长）



相位缓冲段2

- 允许通过重同步对相位缓冲段2缩短
- 长度可编程（1...8个时间份额或更长）



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

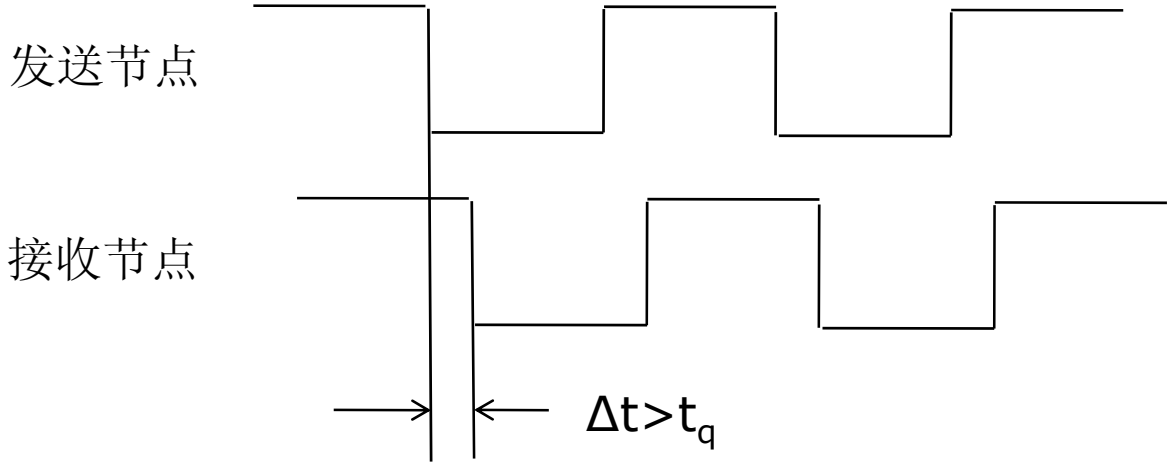
vector

同步跳转宽度

- SJW (Synchronization Jump Width)
  - 相位缓冲段1可以被延长的时间份额数量
  - 相位缓冲段2可以被缩短的时间份额数量
- 同步跳转宽度大小
  - 最短为1个时间份额，最长为4个时间份额
  - 小于相位缓冲段2

同步条件

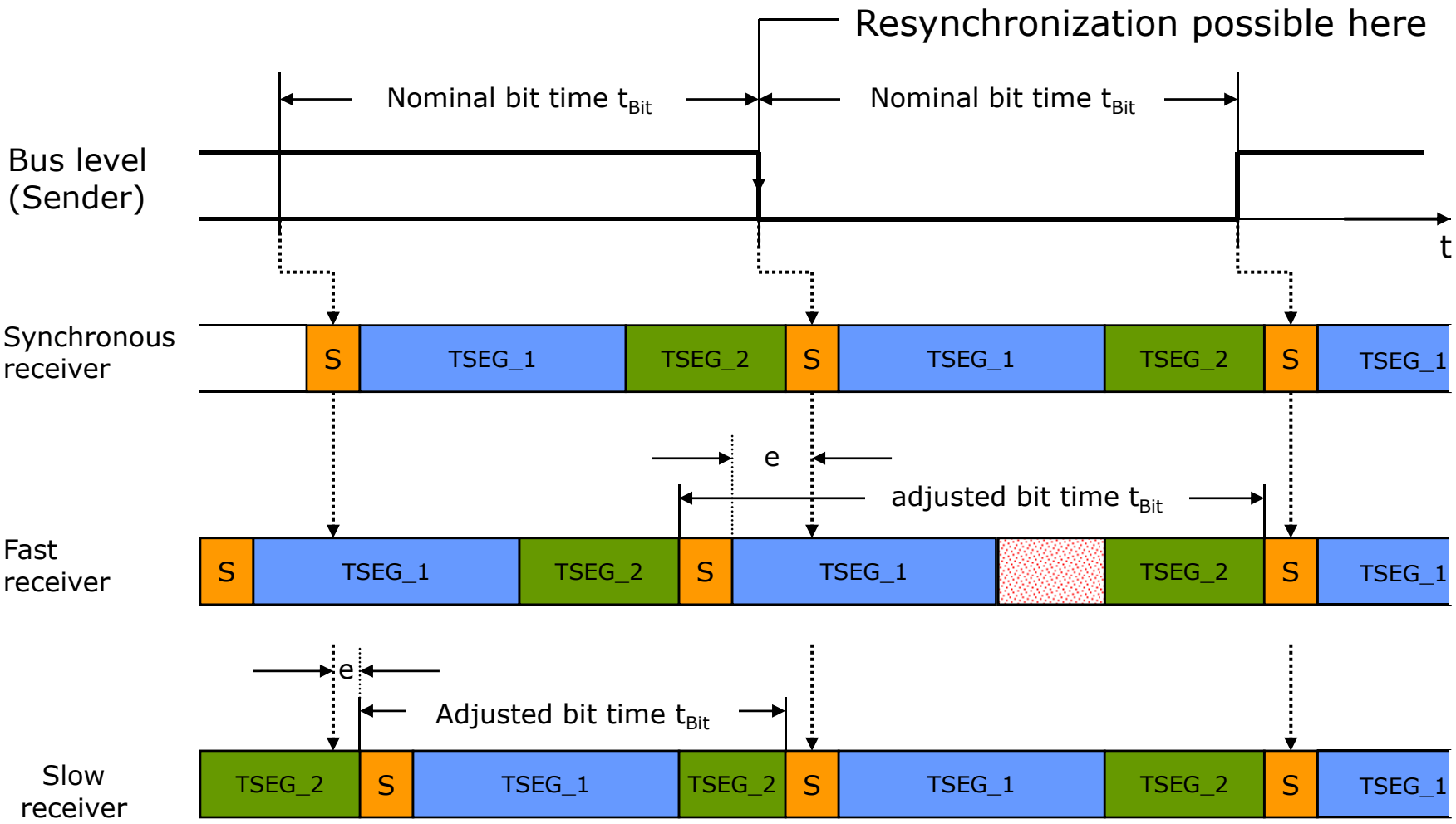
- 从隐性到显性的跳变沿
  - 同步触发条件
- 误差大于1个TQ



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

同步过程

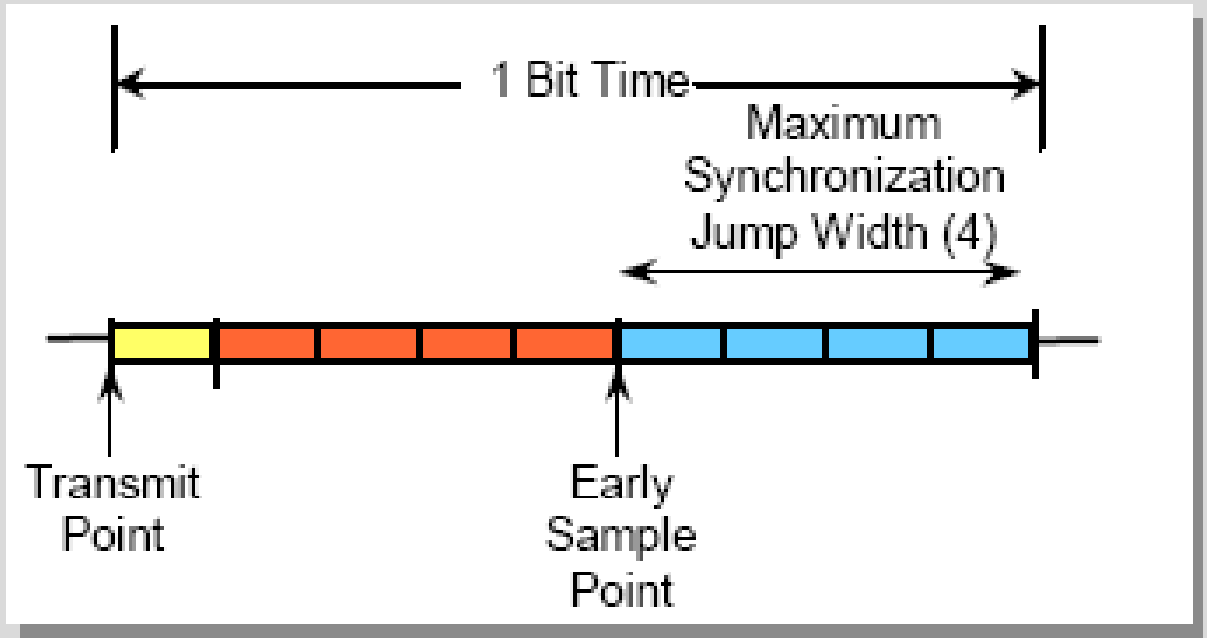


恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

为什么要调整采样点的位置？

- 更大的同步跳转宽度
- 对于晶振的要求较低，可以使用价格低廉的晶振

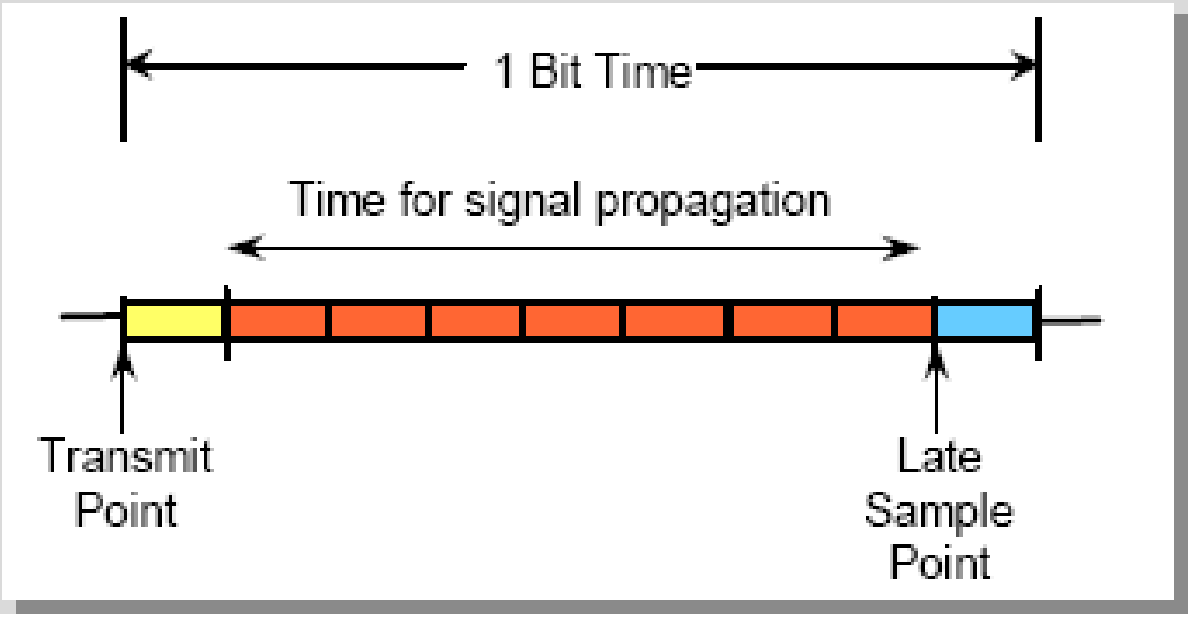


恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

为什么要调整采样点的位置？

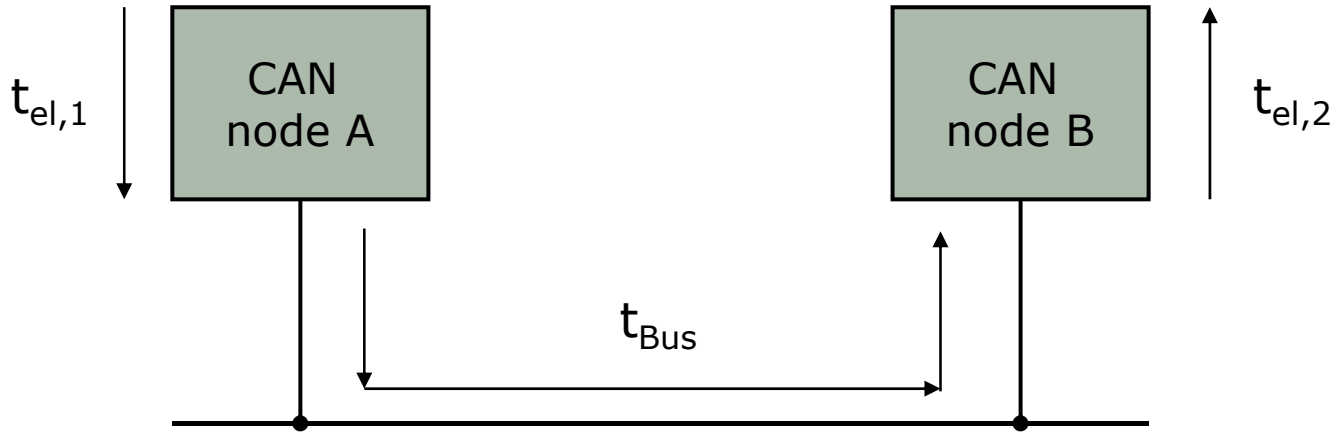
- 更长的传播补偿延时
- 适于处理更长的总线或不合理的总线拓扑结构



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

如何确定时间段1？



$$t_{del} = t_{el.1} + t_{Bus} + t_{el.2} = t_{el} + t_{Bus} \rightarrow \boxed{t_{TSEG\ 1} \geq 2 \cdot (t_{El} + t_{Bus})}$$

$t_{el,2} = t_{CAN\_Controller\_2} + t_{CAN\_Transceiver\_2}$

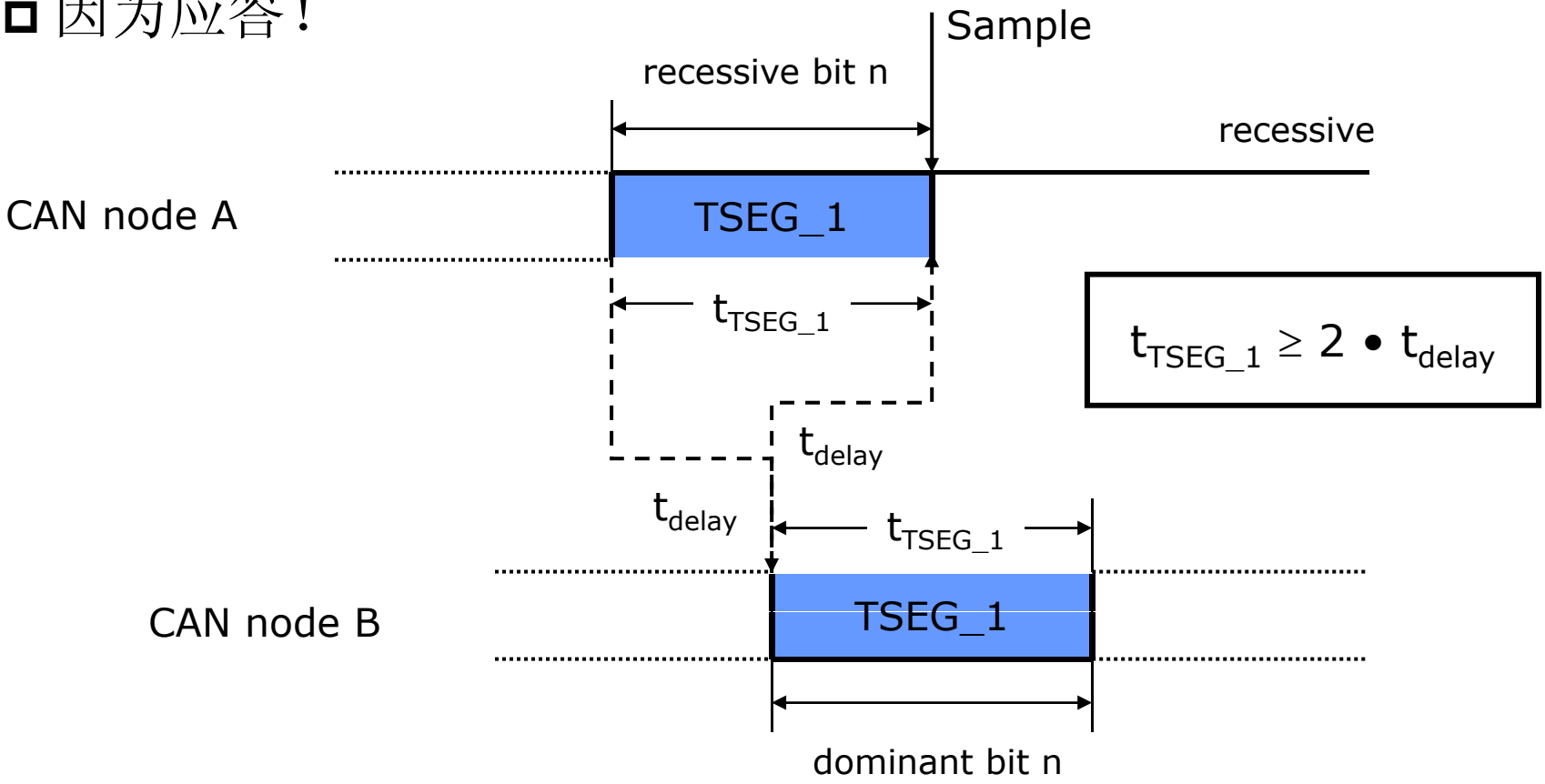
$t_{el,1} = t_{CAN\_Controller\_1} + t_{CAN\_Transceiver\_1}$

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

如何确定时间段1？

- 为什么要乘2？
  - 因为应答！



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

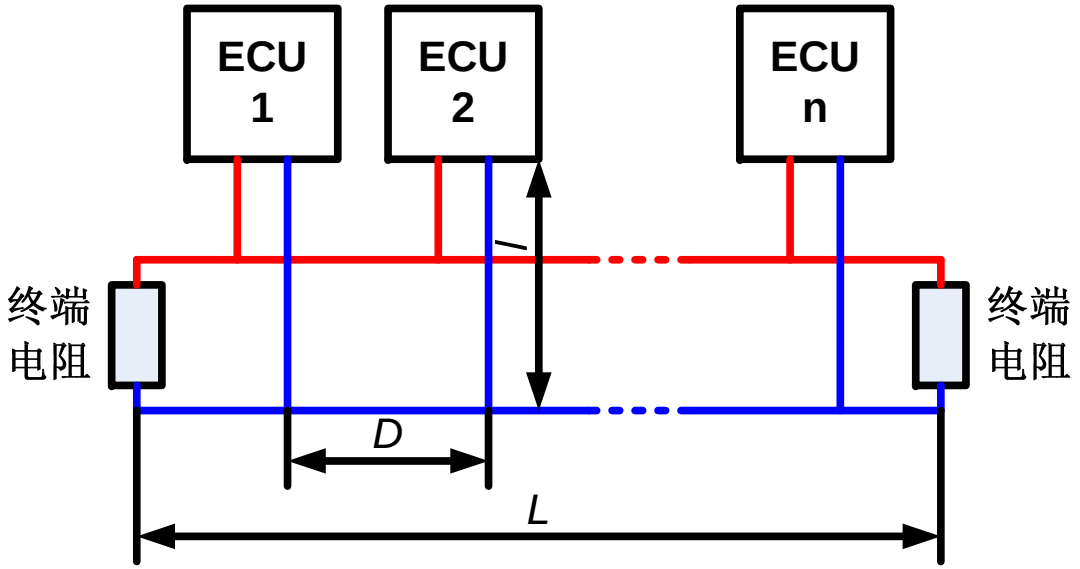
vector

目录

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

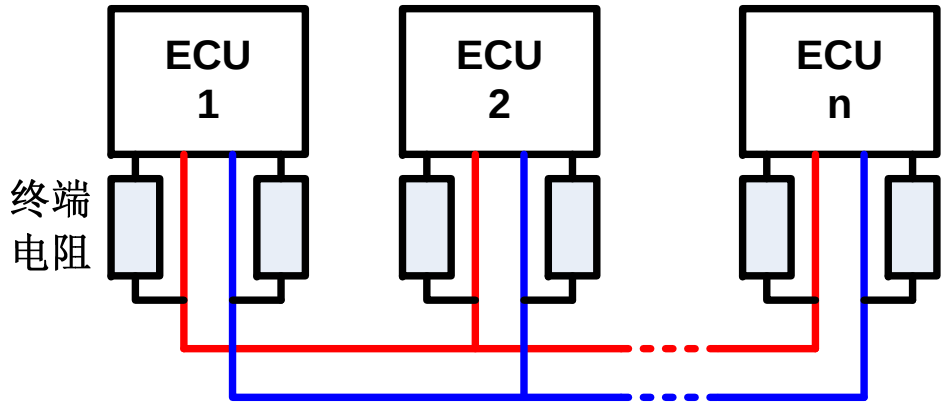
高速CAN拓扑结构



参数	符号	单位	数值		
			最小	名义	最大
总线长度	*L*	m	0		40
支线长度	*l*	m	0		0.3
节点距离	*D*	m	0.1		40

低速CAN网络拓扑

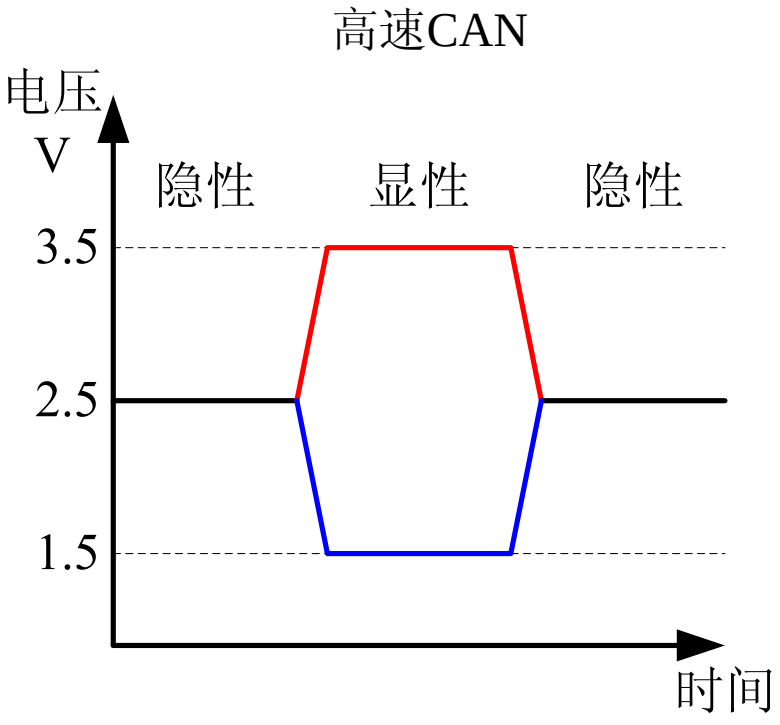
- CAN线总长度小于40米



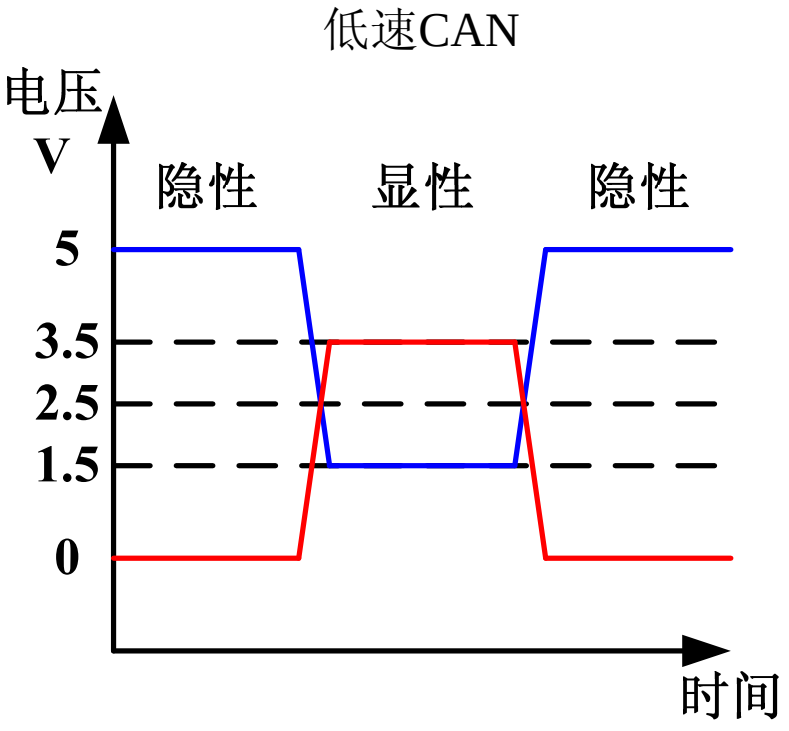
恒润科技
HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

总线电平



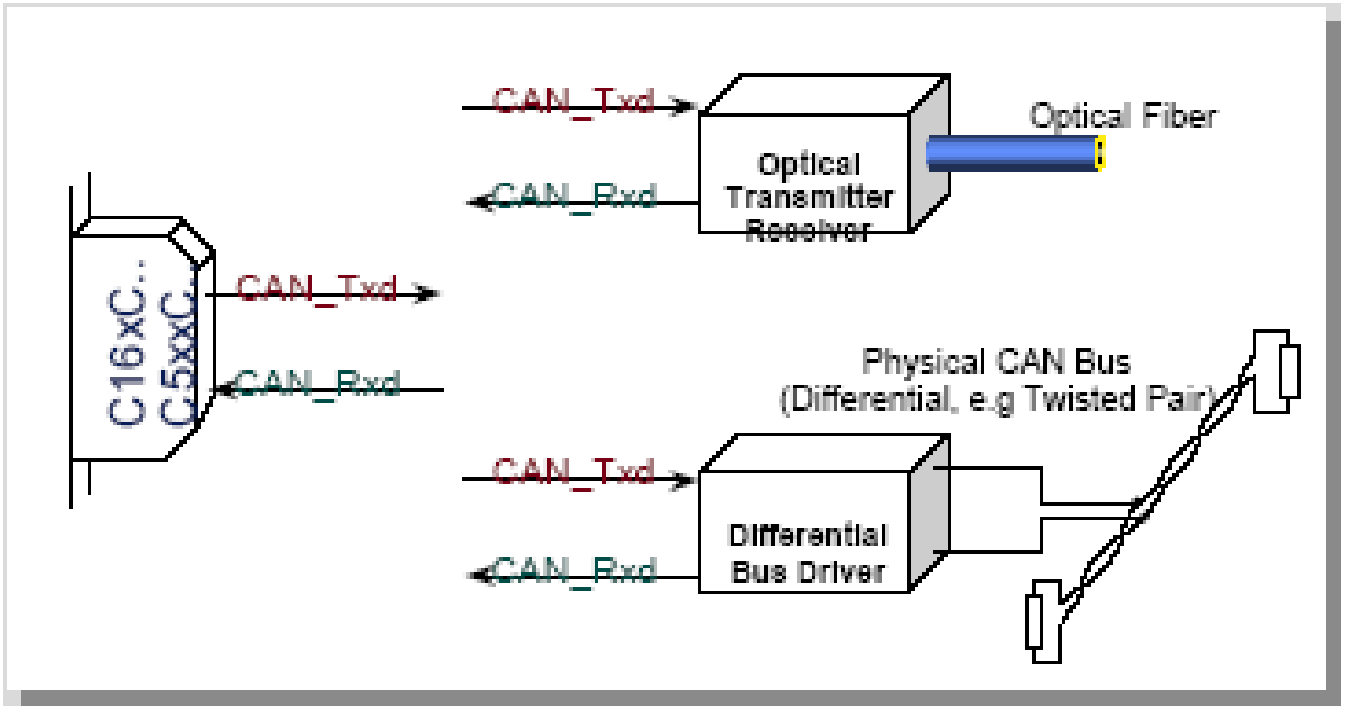
PCA82C251



TJA1054

物理介质

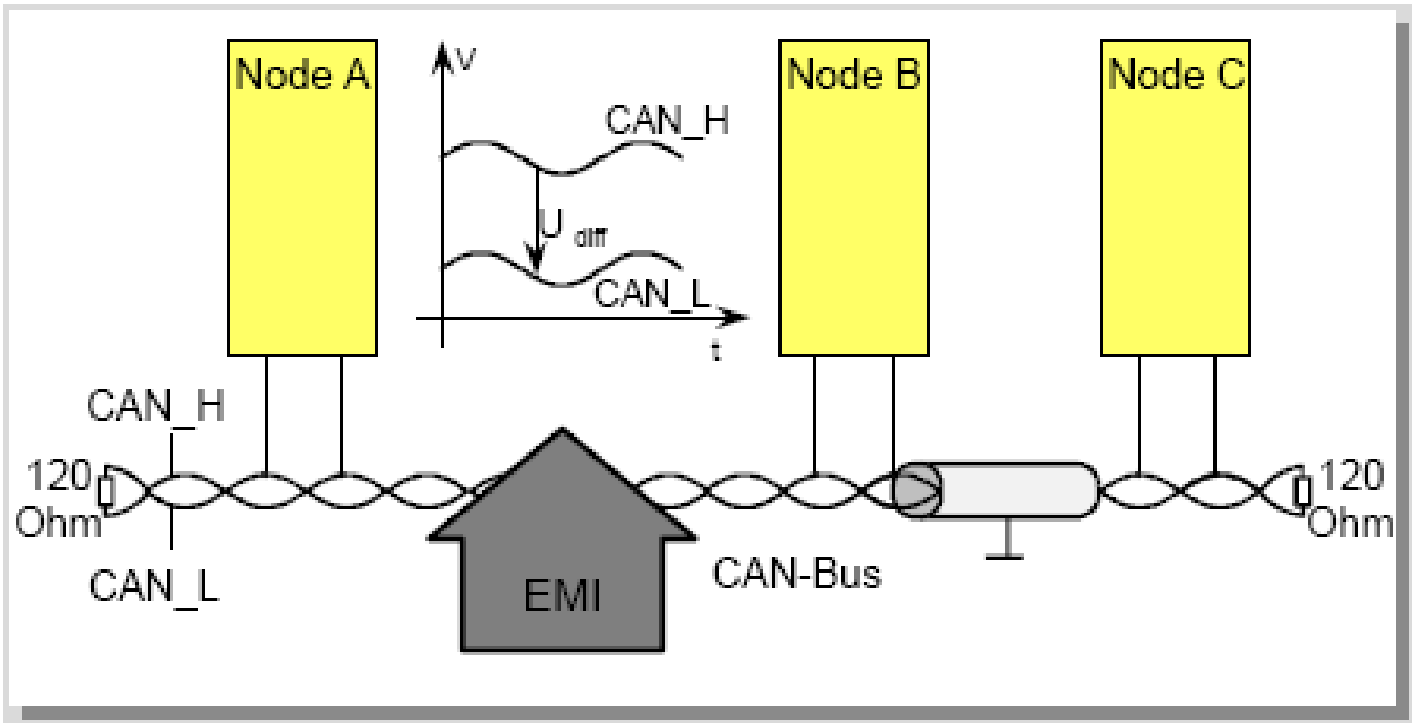
- 双绞线
- 光纤



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

电磁干扰

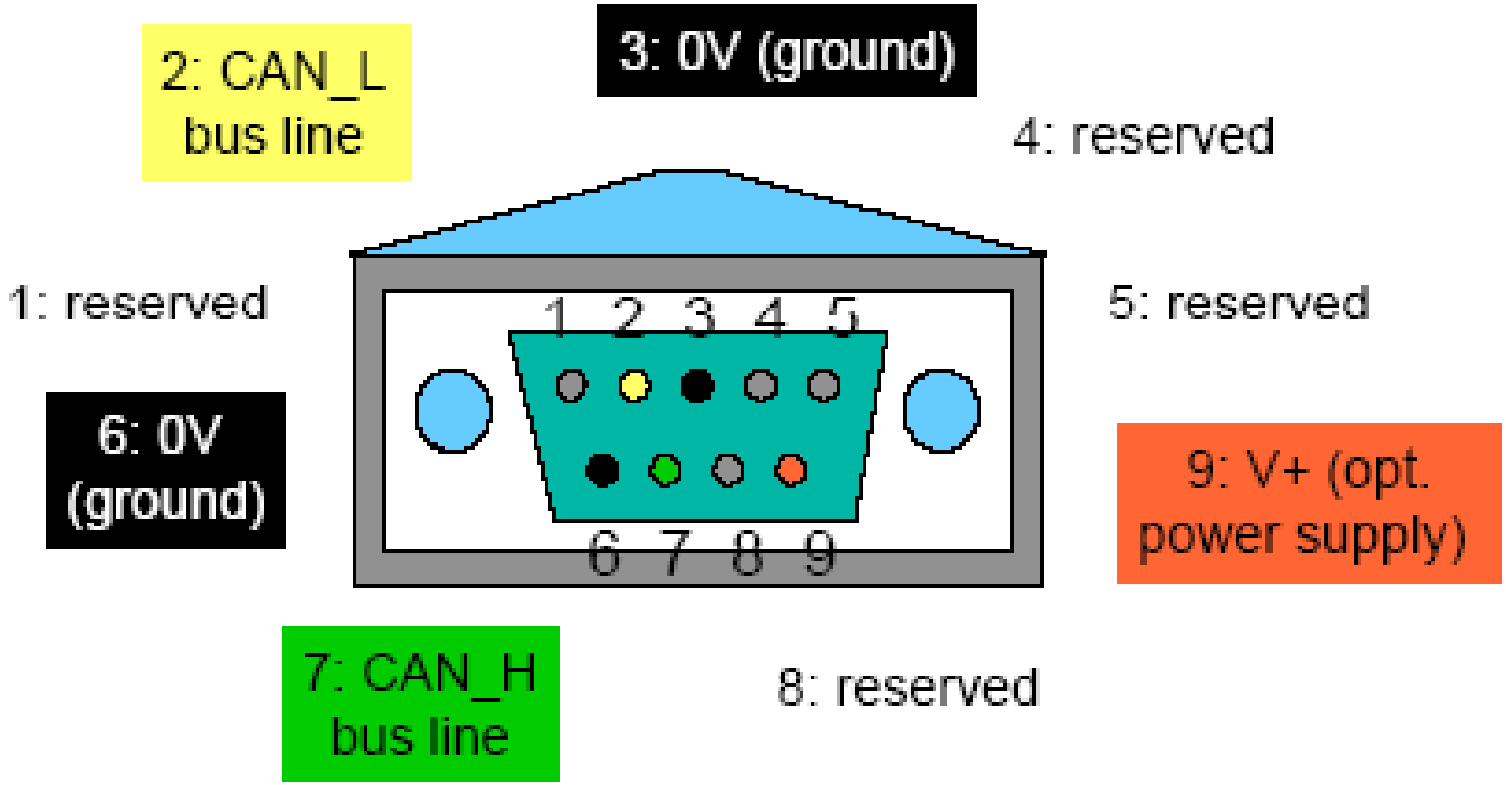


恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

CAN总线连接器

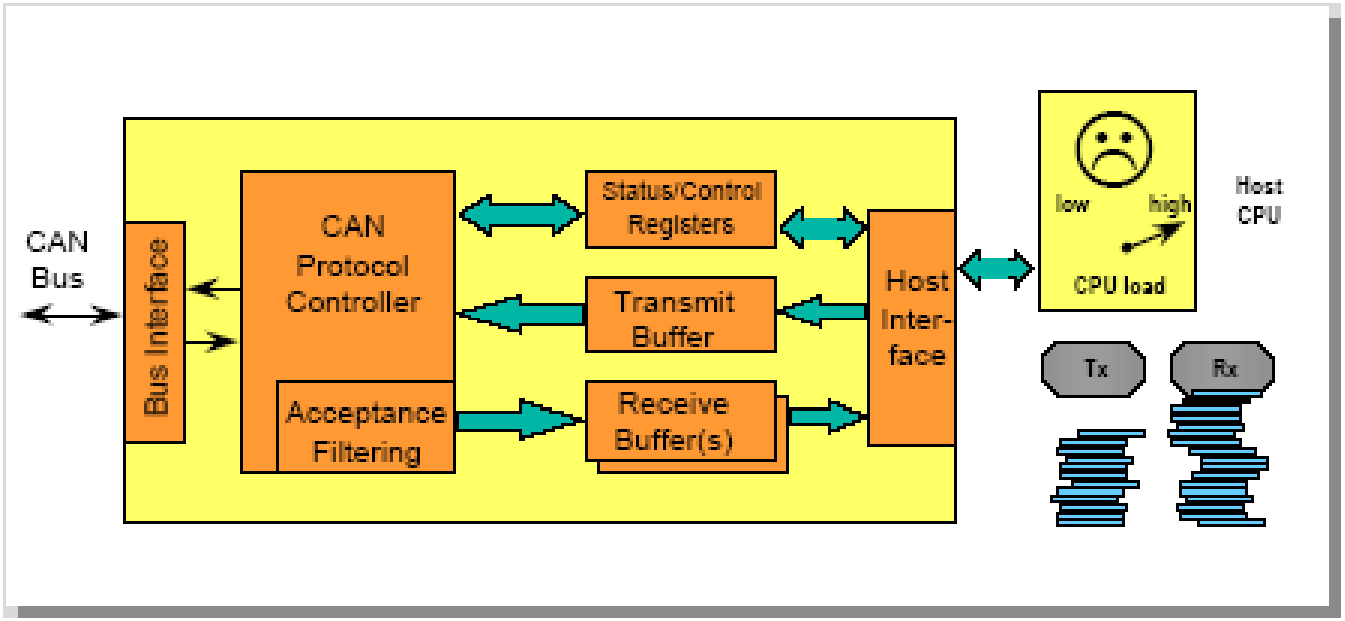
- CiA-DS 102-1



恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector

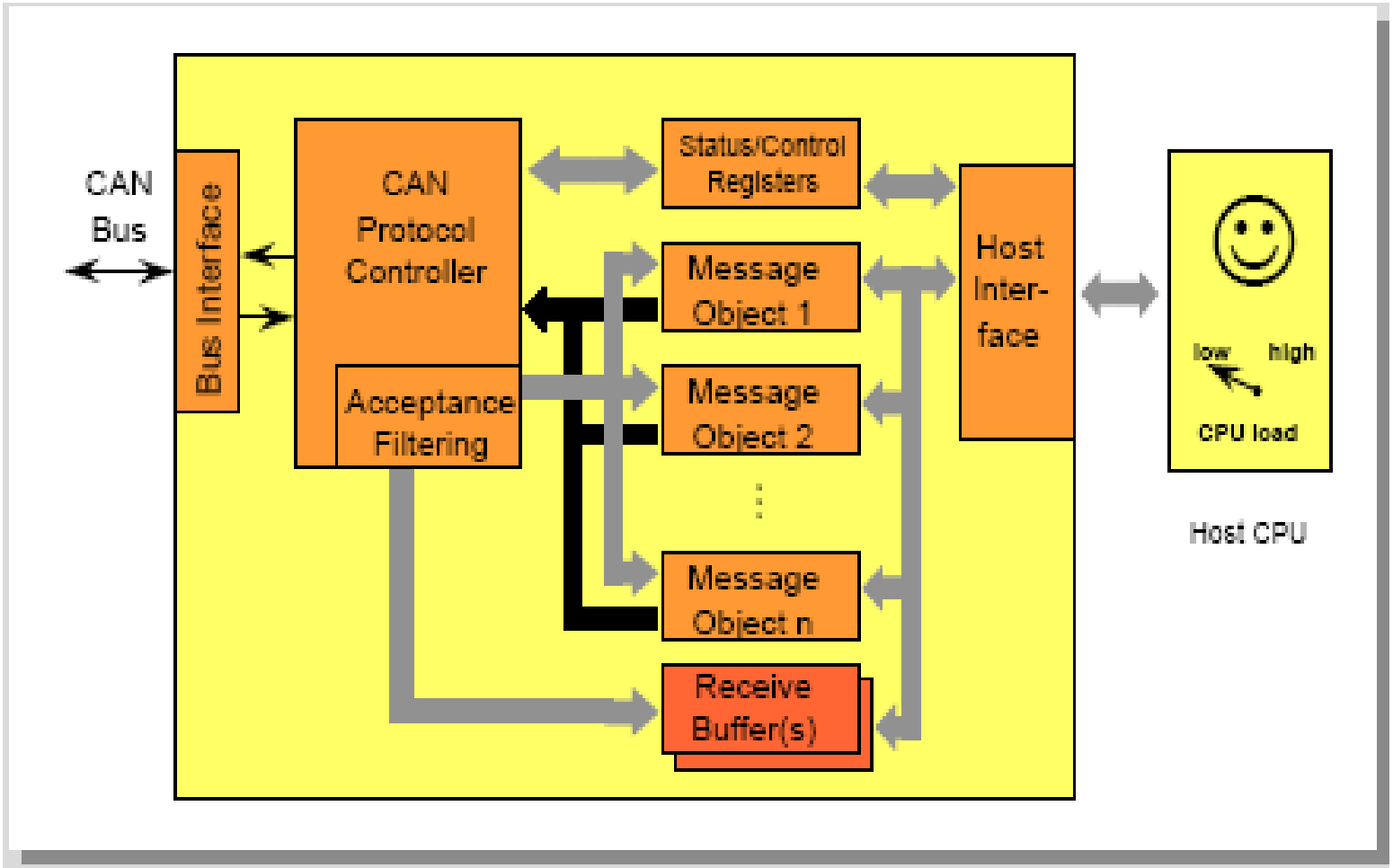
Basic CAN控制器



恒润科技
HIRAIN TECHNOLOGIES

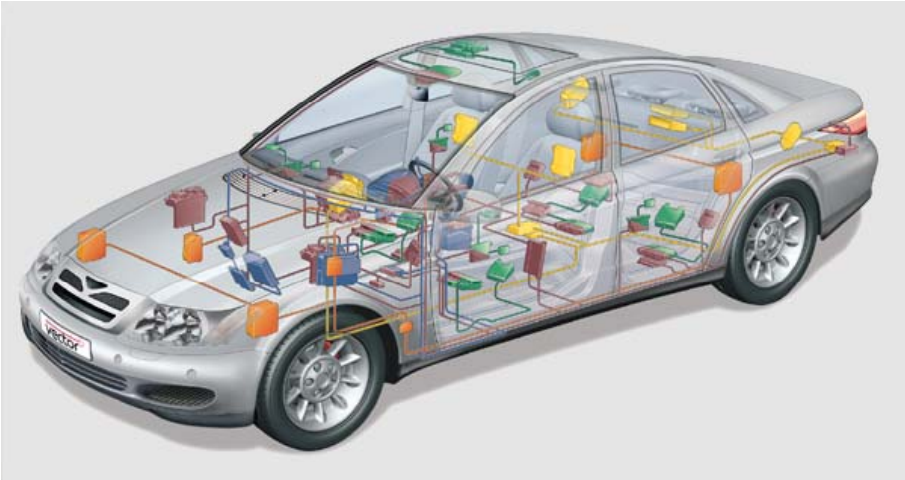
vector

Full CAN控制器



恒润科技
HIRAIN TECHNOLOGIES

vector



谢谢！

恒润科技 HIRAIN TECHNOLOGIES

vector