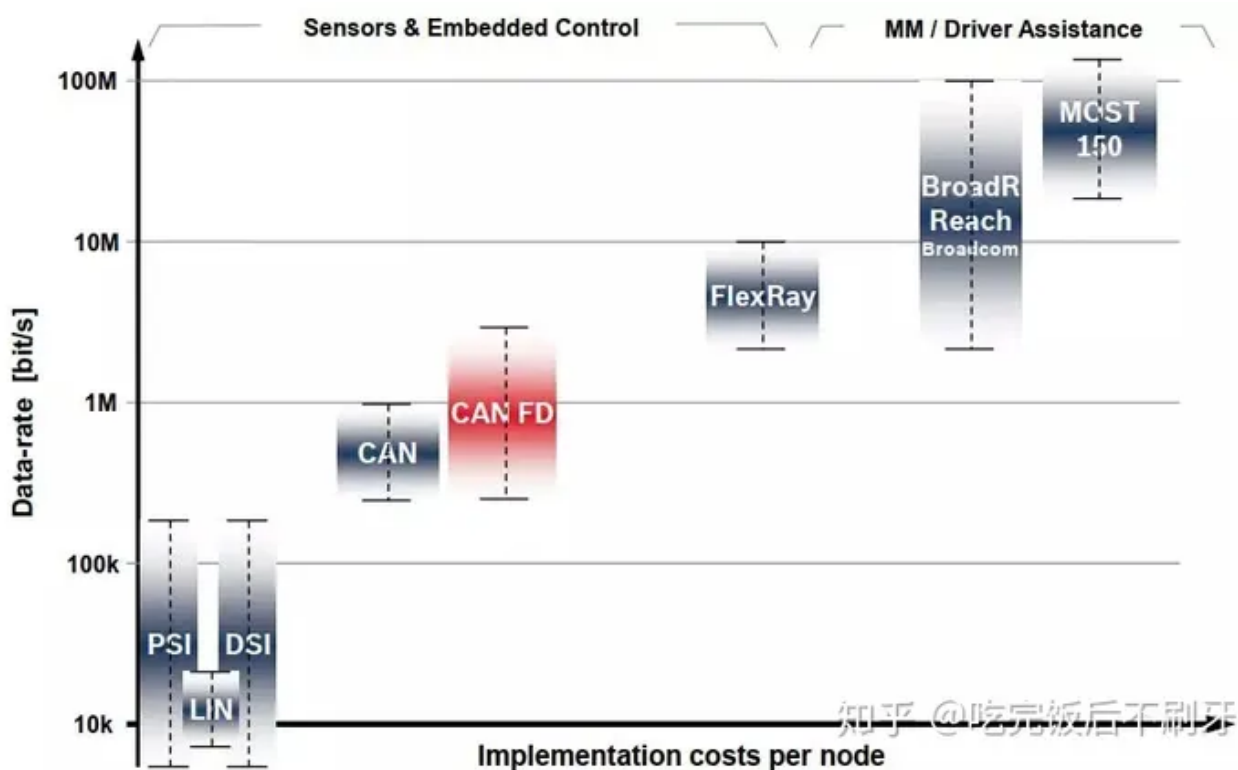


CAN FD 介绍

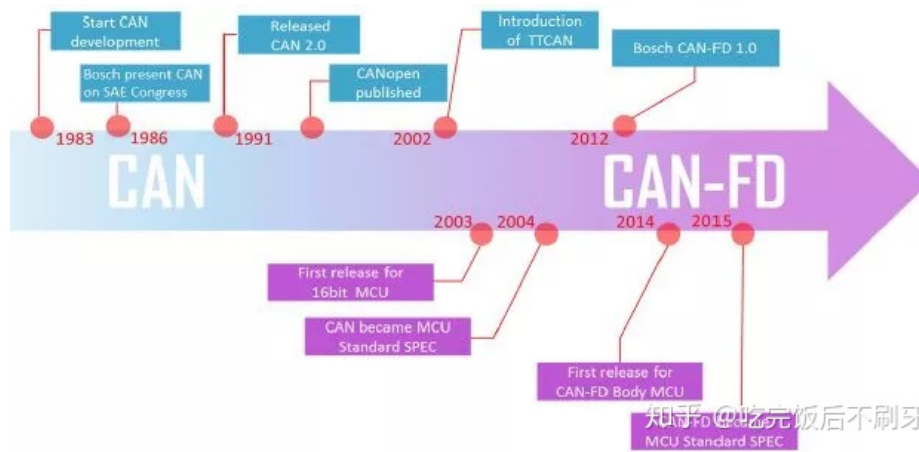
随着电动汽车，无人驾驶汽车技术的快速发展，以及对汽车高级驾驶辅助系统和人机交互HMI需求的增加，传统的CAN总线在**传输速率**和**带宽**等方面越来越显得力不从心，其主要原因如下：

- 1、通常整车CAN网络负载大大超过推荐值(50%)
- 2、CAN消息中只有大约40-50%的带宽用于实际数据传输
- 3、总线速率通常被限制在1Mbit/s，在实际使用中的速度更低，大多数情况下为500Kbit/s；在J1939网络中使用250Kbit/s
- 4、最大总线速度受响应机制限制，即错误帧，ACK等
- 5、ACK延迟 = 收发器延迟+总线传播延迟



可见最直接的办法就是使用下一代总线FlexRay，这样可以一劳永逸的解决这一难题。但如果将原来所有的CAN节点全部升级为FlexRay节点，由此会带来巨大的硬件开销，软件通讯移植开发，以及漫漫长的开发周期。人们不禁会共同产生一个统一的想法，那就是 **Make CAN fast !**

CAN FD 的出现

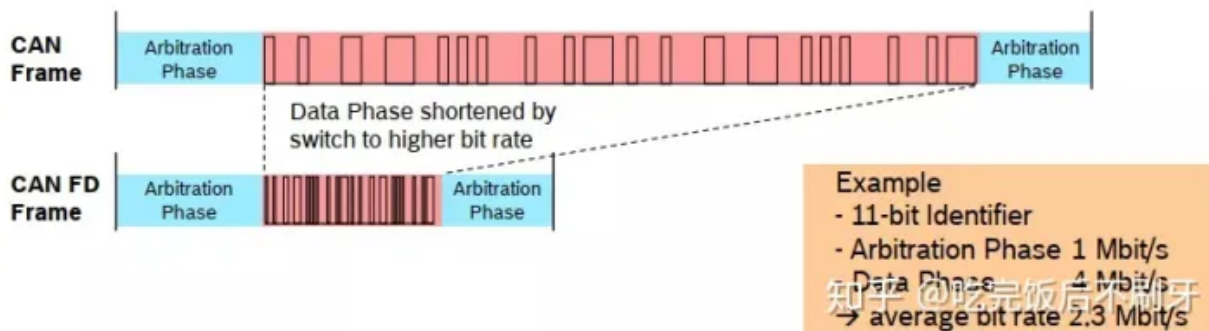


为了缩小CAN网络(Max:1MBit/s)与FlexRay(Max:10MBit/s)网络的带宽差距，BOSCH推出了CAN FD方案。CAN FD(CAN with Flexible Data rate)继承了CAN总线的主要特性。

CAN总线采用双线串行通讯协议，基于非破坏性仲裁技术，分布式实时控制，可靠的错误处理和检测机制使CAN总线有很高的安全性，但CAN总线带宽和数据场长度却受到制约。CAN FD总线弥补了CAN总线带宽和数据场长度的制约，CAN FD总线与CAN总线的区别主要表现在：

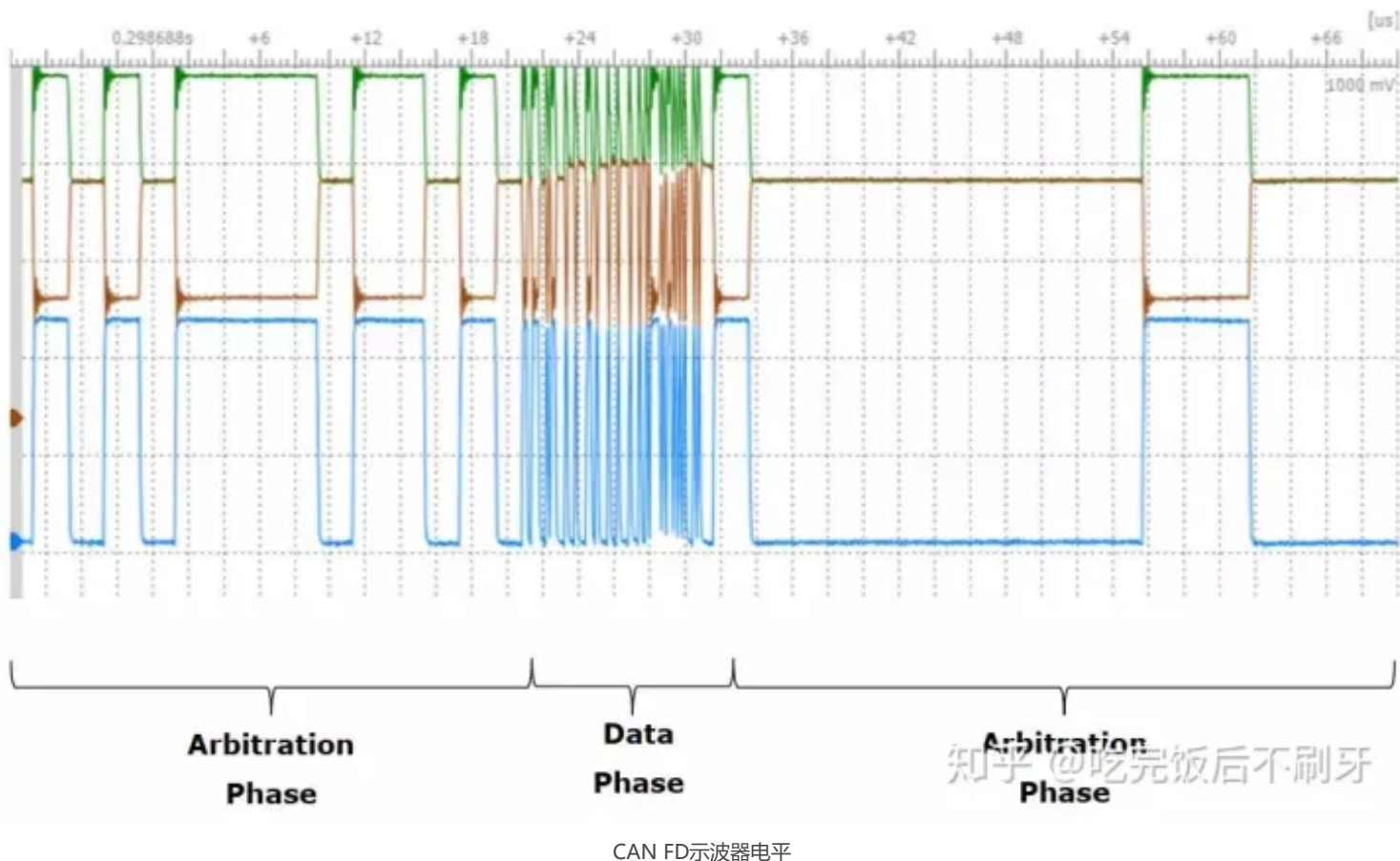
可变速率

CAN FD采用了两种位速率：从控制场中的BRS位到ACK场之前（含CRC分界符）为可变速率，其余部分为原CAN总线用的速率。两种速率各有一套位时间定义寄存器，它们除了采用不同的位时间单位TQ外，位时间各段的分配比例也可不同。



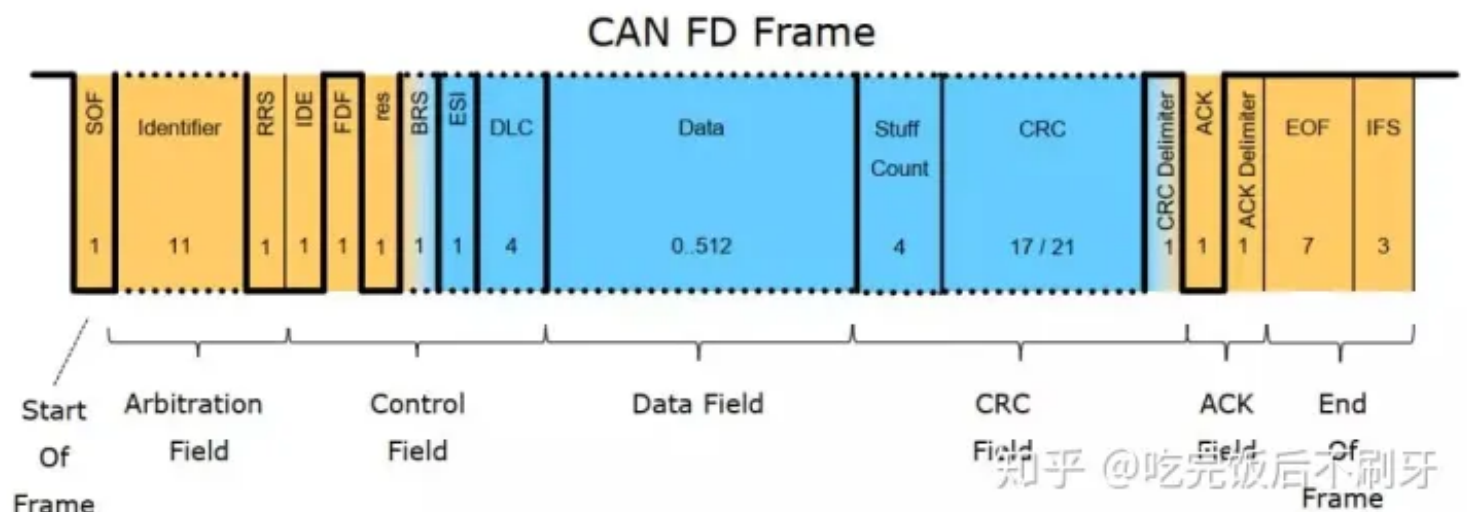
新的数据场长度

CAN FD对数据场的长度作了很大的扩充，DLC最大支持64个字节，在DLC小于等于8时与原CAN总线是一样的，大于8时有一个非线性的增长，所以最大的数据场长度可达**64字节**。



CAN FD 结构

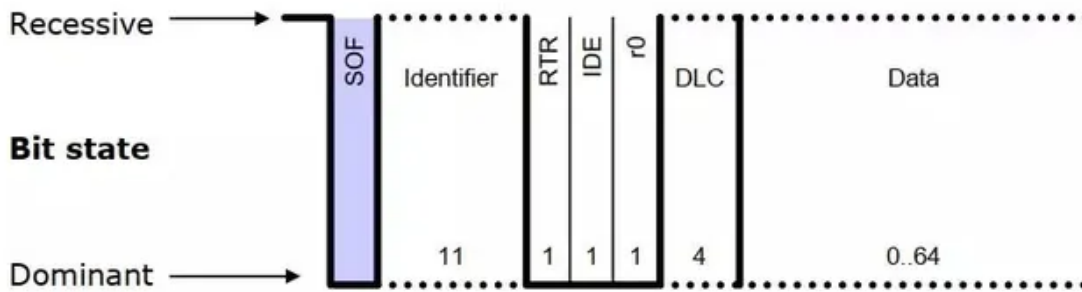
与普通CAN报文相同，CAN FD报文一共具有，帧起始SOF，仲裁段，控制段，数据域，CRC域，ACK域，帧结束，共七个部分组成。



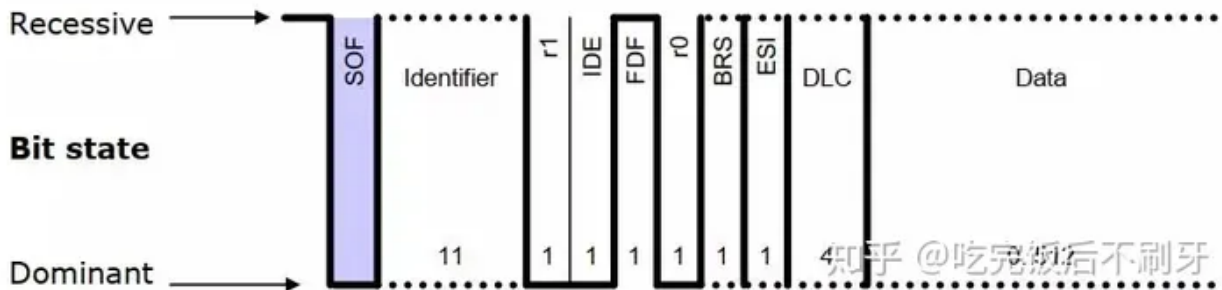
帧起始

CAN与CANFD使用相同的SOF标志位来标志报文的起始。帧起始由单个显性位构成，标志着报文的开始，并在总线上起着同步作用。

CAN frame



CAN FD frame

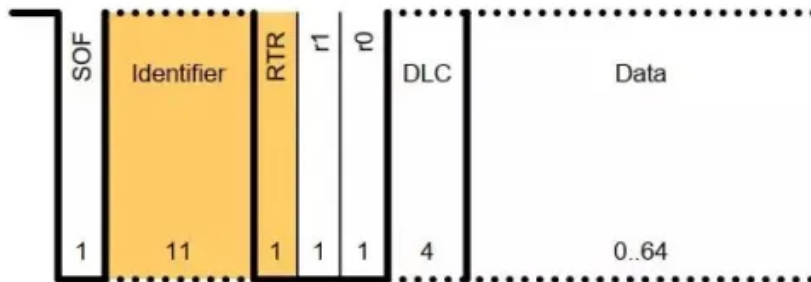


仲裁域

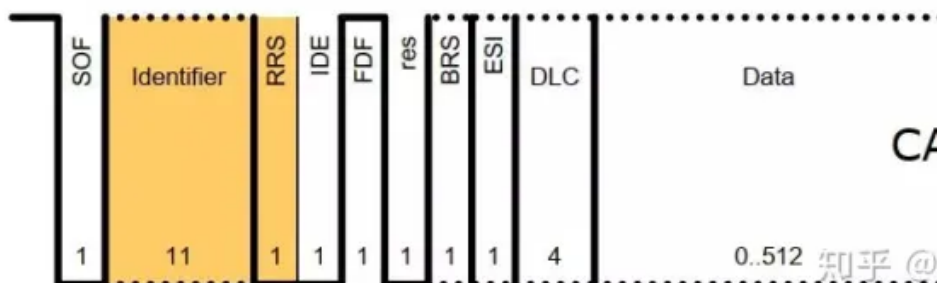
与传统CAN相比，CAN FD取消了对远程帧的支持，用RRS位替换了RTR位，为常显性。IDE位仍为标准帧和扩展帧标志位，若标准帧与扩展帧具有相同的前 11 位 ID，那么标准帧将会由于 IDE 位为 0，优先获得总线。

RTR(Remote Transmission Request Bit): 远程发送请求位，RER位在数据帧里必须是显性，而在远程帧里为隐性。

RRS(Remote Request Substitution): 远程请求替换位，即传统CAN中的RTR位，CAN FD中为常显性。



CAN frame

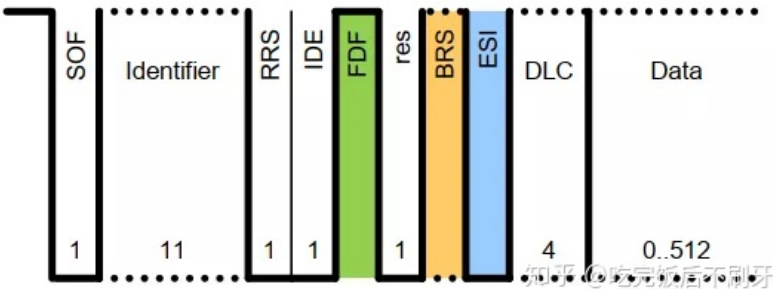


CAN FD frame

控制域

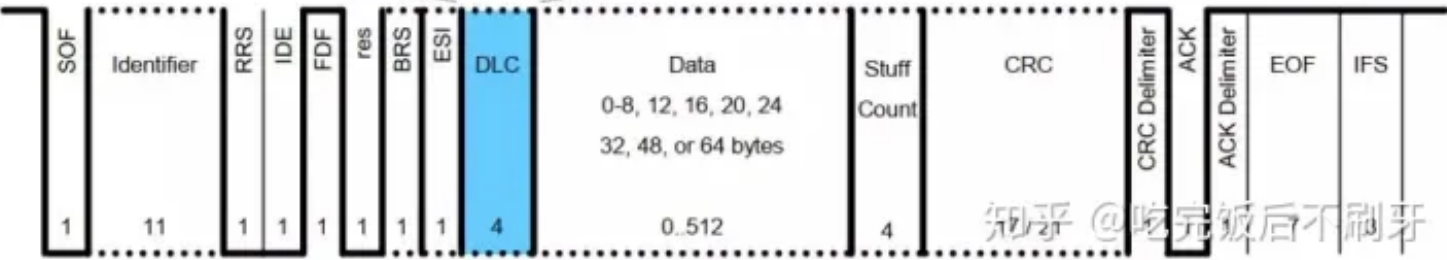
控制域中CANFD与CAN有着相同的IDE， res， DLC位。同时增加了三个控制bit位， FDF、 BRS、 ESI。

- FDF(Flexible Data Rate Format): 原CAN数据帧中的保留位r。FDF常为隐性， 表示CAN FD 报文。
- BRS(Bit Rate Switch): 位速率转换开关， 当BRS为显性位时数据段的位速率与仲裁段的位速率一致， 当BRS为隐性位时数据段的位速率高于仲裁段的位速率。
- ESI(Error State Indicator): 错误状态指示， 主动错误时发送显性位， 被动错误时发送隐性位。



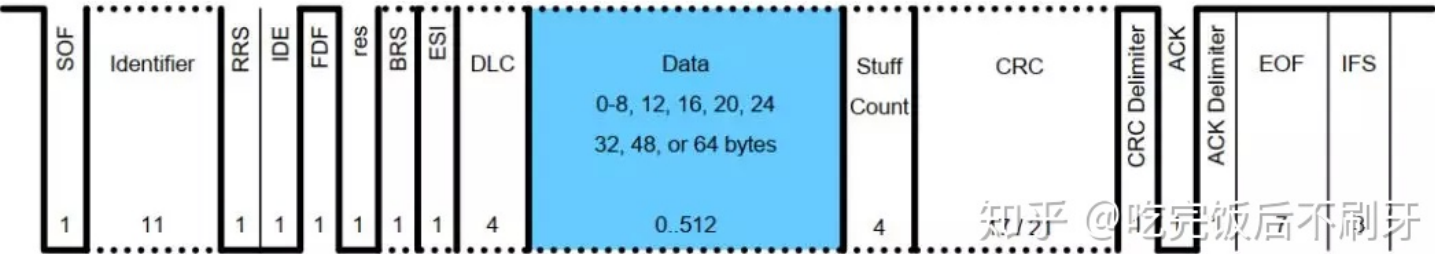
DLC数据域长度位， CAN FD同样使用4bit来确认报文数据场的长度。

1000 = 8	1100 = 24
1001 = 12	1101 = 32
1010 = 16	1110 = 48
1011 = 20	1111 = 64



数据域

CAN FD不仅能支持传统的0-8字节报文,同时最大还能支持12, 16, 20, 24, 32, 48, 64字节。

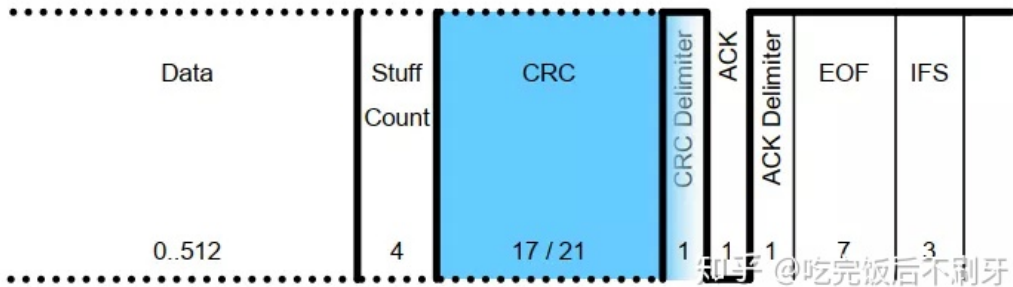


CRC

CAN FD对CRC算法作了改变，即CRC以含填充位的位流进行计算。在校验和部分为避免再有连续位超过6个，就确定在第一位以及以后每4位添加一个填充位加以分割，这个填充位的值是上一位的反码，作为格式检查，如果填充位不是上一位的反码，就作出错处理。

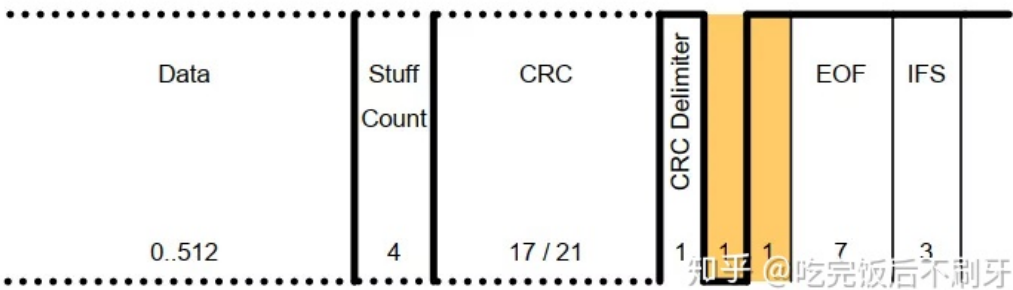
CAN FD的CRC场扩展到了21位。由于数据场长度有很大变化区间，所以要根据DLC大小应用不同的CRC生成多项式，CRC多项式如下图所示：

Data Length 数据长度	CRC Length CRC 长度	CRC Polynom CRC 多项式
CAN (0-8 字节)	15	$x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^4 + x^3 + 1$
CAN FD (0-16 字节)	17	$x^{17} + x^{16} + x^{14} + x^{13} + x^{11} + x^6 + x^4 + x^3 + x^1 + 1$
CAN FD (17-64 字节)	21	$x^{21} + x^{20} + x^{13} + x^{11} + x^7 + x^4 + x^3 + 1$



ACK & SOF

相比于传统CAN，在CAN FD中最多可接受2个位时间有效的ACK，允许1个额外的位时间来补偿收发器相移和传播延迟）。EOF(End of frame)同样由连续7个隐性位来表示。



CAN FD 特点

CAN FD继承了CAN总线的主要特性，提高了CAN总线的网络通信带宽，改善了错误帧漏检率，同时可以保持网络系统大部分软硬件特别是物理层不变。这种相似性使ECU供应商不需要对ECU的软件部分做大规模修改即可升级汽车通信网络。

对比	传统CAN	CAN-FD
Bitrate	500Kbps	500Kbps and 2Mbps in Data-Phase
Payload	4 standard CAN message with 8byte (15% stuff bits)	1 CAN-FD message with 32byte (15% stuff bits)
Time to Transmit	1021us	229us 知乎 @吃完饭后不刷牙

尽管CAN FD继承了绝大部分传统CAN的特性，但从传统CAN升级到CAN FD依旧需要做很多工作：

- 1、硬件与工具：首先需要选取支持CAN FD的控制器和收发器，还需要采用新的网络调试和监测工具。
- 2、网络兼容性：对于传统的CAN网段的部分节点升级到CAN FD的情况需要特别注意。CAN FD节点可以正常收发传统CAN报文，但是传统CAN节点不能正确收发CAN FD报文，其原因是帧格式不一致，会导致传统CAN节点发送错误帧。

		Receive	
Transmit		Classical	FD
	Classical	✓	✓
	FD	✗	✓ 知乎 @吃完饭后不刷牙

基于以上场景，为了解决传统CAN和CAN FD的兼容性问题，芯片厂提出了一种解决方案，在传统CAN节点上采用CAN FD Shield模式的收发器，当收到CAN FD报文时，收发器会将其过滤掉，防止传统CAN节点发出错误帧，从而实现网络的兼容。

参考文献：

- 1、CAN FD introduction (Vector)
- 2、CAN with Flexible Data-rate (Bosch)
- 3、车载网络技术革新-CAN FD浅析 (控制工程网)