

ПРИМЕНЕНИЕ CAN FD В РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Марчук Т.М., Денис А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Гринкевич А.В. – канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается CAN FD, его отличия от классического CAN, реализация передачи данных с помощью CAN FD на базе микроконтроллера Stm32 и возможности его применения в радиолокационных системах.

CAN (Controller Area Network) – это двухпроводный, дифференциальный, последовательный, полудуплексный интерфейс для передачи бинарных данных между электронными платами (PCB). В качестве кабеля чаще всего применяют одну экранированную витую пару проводов с именами: CAN_L и CAN_H [1].

CAN FD (Controller Area Network Flexible Data-Rate) – это CAN с гибкой скоростью передачи данных, следующий этап развития классической шины CAN. Он обеспечивает более высокую скорость передачи данных и больший объем передаваемых данных в одном кадре.

CAN FD работает одновременно на двух скоростях. Поле арбитража (заголовок кадра) передается со скоростью такой же, как и в классическом варианте (до 1 Мбит/с). Поле данных передается на скорости кратно превышающую скорость передачи заголовка и может иметь значение вплоть до 12 Мбит/с. В CAN FD скорость обмена на участке передачи байт данных увеличена между фазой арбитража и фазой ожидания подтверждения [1].

Формат кадра для классического CAN и CAN FD приведен на рисунке 1 и рисунке 2 соответственно.

Параметр	Классический фрейм CAN												
	Арбитраж – заголовок					Полезная нагрузка				Арбитраж – окончание			
Поле	SOF	ID	RTR	IDE	r0	DLC	DATA	CRC	CRC D	ACK	ACK D	EOF	IFS
Длина, бит	1	11	1	1	1	4	64	15	1	1	1	7	3

Рисунок 1 – Формат кадра для классического CAN (стандартный 11-битный ID)

Недостатком классического формата кадра CAN является большой объем служебной информации и относительно небольшой объем данных (максимум 8 байт).

Параметр	Фрейм CAN FD																
	Арбитраж – заголовок							Полезная нагрузка						Арбитраж – окончание			
Поле	SOF	ID	RRS	IDE	EDL	r0	BRS	ESI	DLC	DATA	STC	CRC	CRC D	ACK	ACK D	EOF	IFS
Длина, бит	1	11	1	1	1	1	1	1	4	512	6	21	1	1	1	7	3

Рисунок 2 – Формат кадра для CAN FD (стандартный 11-битный ID)

В CAN FD отсутствует пакет Remote Frame (кадр удаленного запроса). В CAN FD по-другому кодируется 4-ех битовое поле DLC. В CAN FD контрольная сумма может достигать 21 бита (в классическом CAN CRC составляет 15 бит): если объем данных полезной нагрузки составляет до 16 байт, CRC кодируется в 17 битах; если объем данных полезной нагрузки превышает 20 байт, CRC кодируется в 21 бите. CAN FD может передать до 64 байт данных в одном пакете. Контроллер CAN FD способен принимать классические CAN кадры (CAN 2.0A и CAN2.0B), а стандартный CAN узел не может принимать кадры формата CAN FD. Для шины CAN FD нужны специальные микросхемы-трансиверы с повышенным быстродействием [2].

На рисунке 3 показано кодирование длины данных в поле DLC для классического CAN и CAN FD.

Значение DLC (десятичное)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Длина данных CAN 2.0, байт	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8	8	8	8	8	8	8
Длина данных CAN-FD, байт	0	1	2	3	4	5	6	7	8	12	16	20	24	32	48	64

Рисунок 3 – DLC (классический CAN и CAN FD)

Следует отметить, что если кадр CAN FD содержит менее 8 байт данных, то его эффективность ниже, чем эффективность классического CAN. Это из-за большего объема служебной информации, содержащейся в кадрах CAN FD. На рисунке 4 показано сравнение эффективности кадров классического CAN и CAN FD.

Тип фрейма	Длина секций, бит					Эффективность, %
	Заголовок	Полезная нагрузка (без данных)	Данные	Окончание	Всего	
Классический CAN	15	20	64	12	111	58
CAN FD 8 байт	17	29	64	12	122	52
CAN FD 24 байт	17	33	192	12	254	76
CAN FD 64 байт	17	33	512	12	574	89

Рисунок 4 – Сравнение эффективности кадров классического CAN и CAN FD (стандартный 11-битный ID)

CAN интерфейс реализован аппаратно во многих микроконтроллерах как цифровая электрическая цепь внутри SoC. Это микроконтроллеры от Stm, Artery, YTM32 (YTM32B1ME05G0MLQ), GigaDevice (GD32C103CB) и другие. Однако есть и отдельные ASIC переходники с SPI на CAN (TJA1145T/FD). Компания STMicroelectronics выпускает различные семейства микроконтроллеров STM32 с поддержкой классического CAN. Поддержка CAN FD есть в следующих семействах: микроконтроллеры общего назначения STM32G0 с процессорным ядром ARM Cortex-M0+; микроконтроллеры общего назначения STM32G4 с процессорным ядром ARM Cortex-M4; производственные микроконтроллеры STM32H7 с процессорным ядром ARM Cortex-M7; малопотребляющие микроконтроллеры STM32L5 с процессорным ядром ARM Cortex-M33 [1].

Практическая реализация передачи данных с помощью CAN FD на базе микроконтроллера Stm32 (Stm32H743) выполнялась согласно схеме на рисунке 5. Важным условием работоспособности CAN-шины является наличие на концах витой пары согласующих резисторов, которые также называют терминаторами, с сопротивлением 120 Ом.

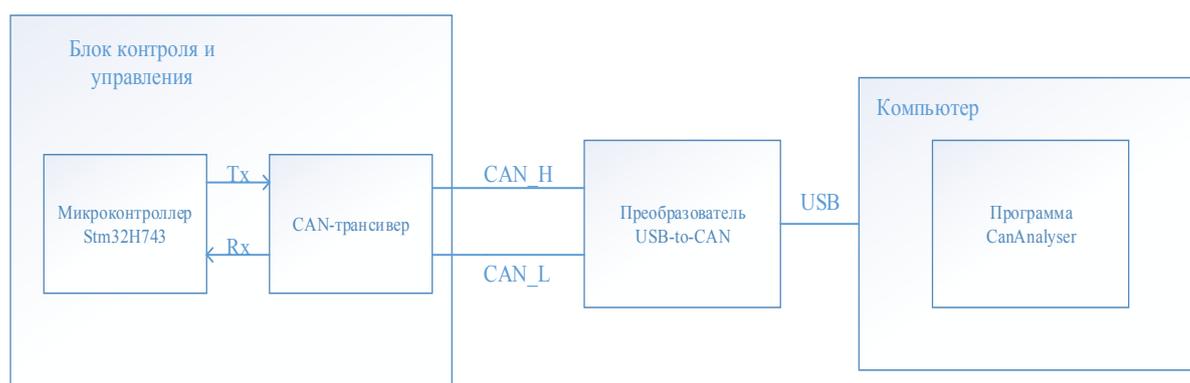


Рисунок 5 – Схема практической реализации передачи данных с помощью CAN FD на базе микроконтроллера Stm32 (Stm32H743)

Результат передачи данных CAN FD отображен на рисунке 6. Для анализа принятых кадров CAN использовалась программа CanAnalyser. Арбитраж передается на скорости 500 кбит/с, поле данных передается на скорости 5 Мбит/с, используется расширенный 29-битный ID, объем передаваемых данных равен 4 байтам.

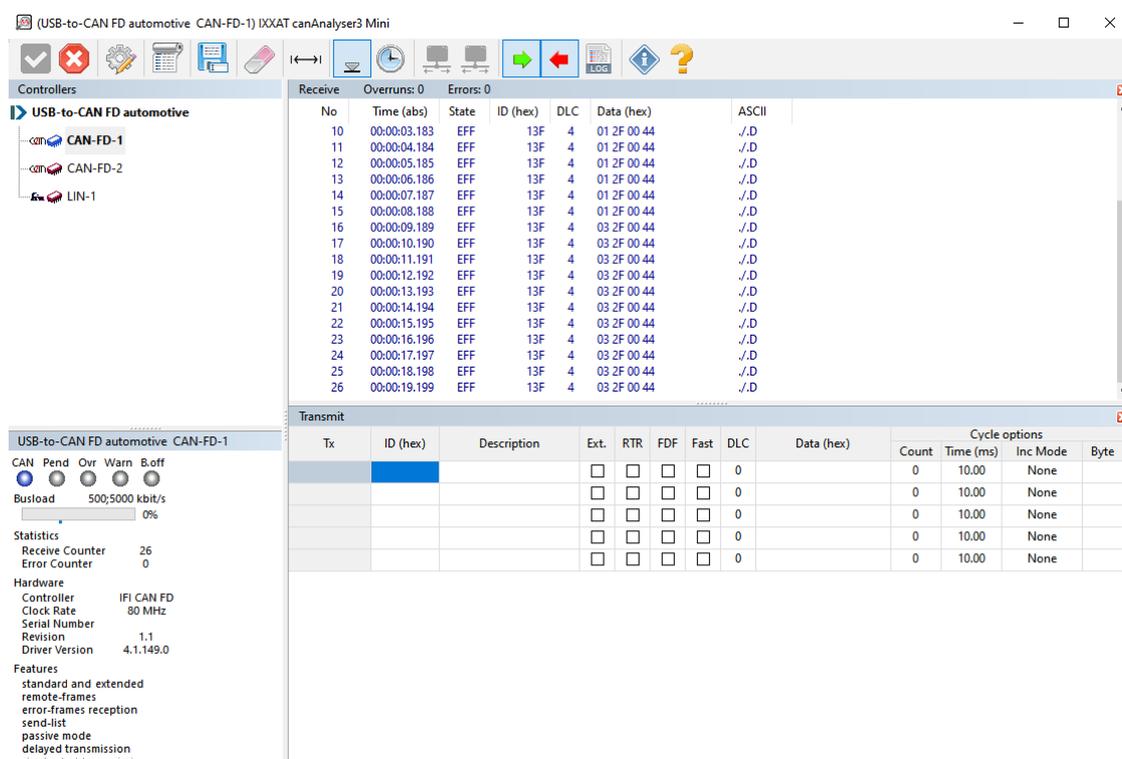


Рисунок 6 – Результат передачи данных CAN FD

В современных радиолокационных системах (комплексах) в больших количествах используются всевозможные датчики, электронные блоки управления, исполнительные механизмы. Большинство созданных CAN-протоколов из-за ограниченной пропускной способности уже не всегда могут справиться с обработкой информации, поступающей от такого количества устройств и систем, поэтому в таких нагруженных системах для повышения объема передаваемой информации и увеличения скорости передачи целесообразно применять CAN FD.

В докладе был рассмотрен CAN FD, его отличия от классического CAN, реализация передачи данных с помощью CAN FD на базе микроконтроллера Stm32 (Stm32H743) и возможности его применения в радиолокационных системах.

Список использованных источников:

1. ЛукБез по CAN-FD. URL: <https://habr.com/ru/articles/793966> (дата обращения: 23.03.2025).
2. CAN-шина. Просто и понятно. URL: <https://elm3.ru/wiki/can-shina> (дата обращения: 23.03.2025).