

Autóipari kommunikációs hálózatok

CAN 2. rész



Méréstechnika és
Információs Rendszerek
Tanszék

CAN: Controller Area Network II.

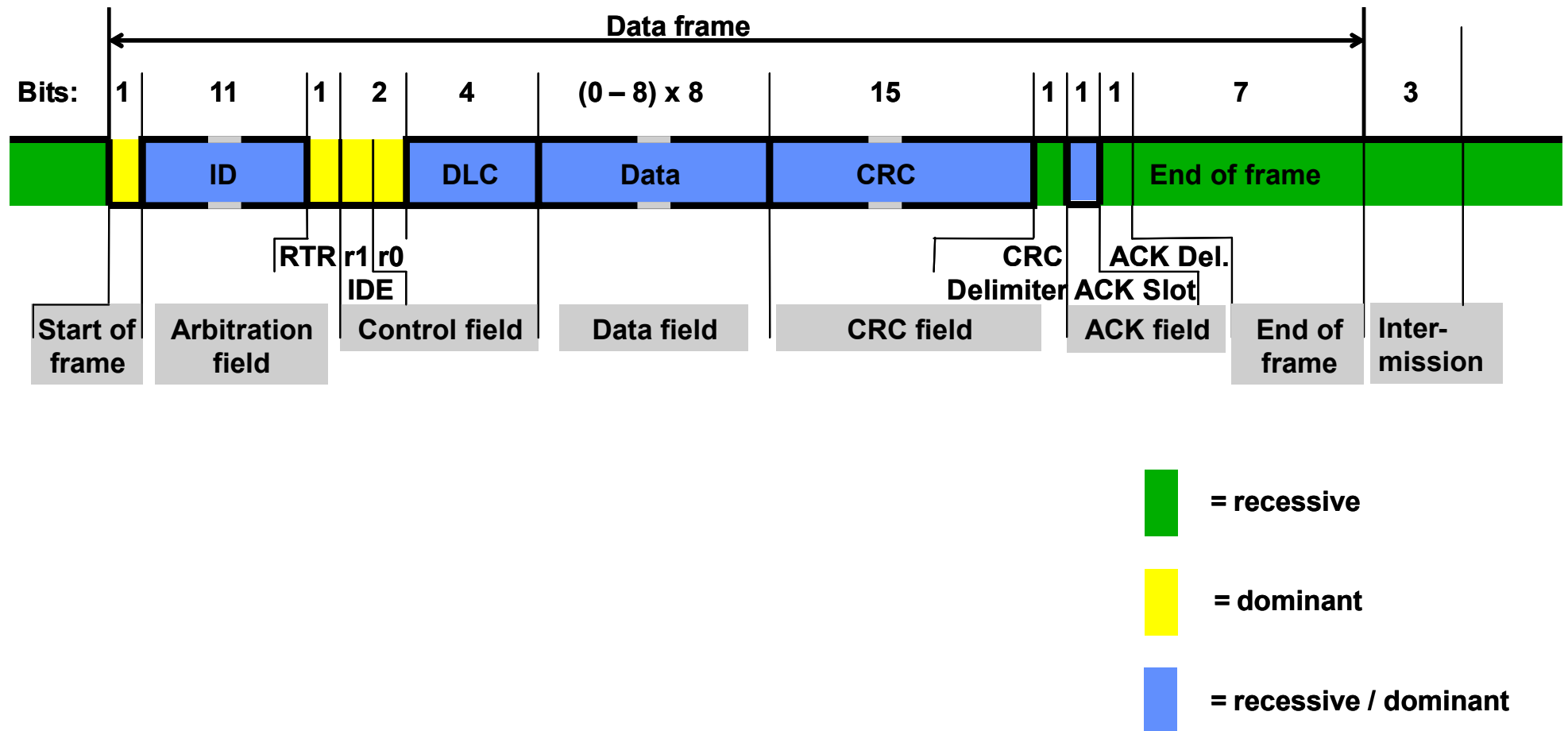
Scherer Balázs



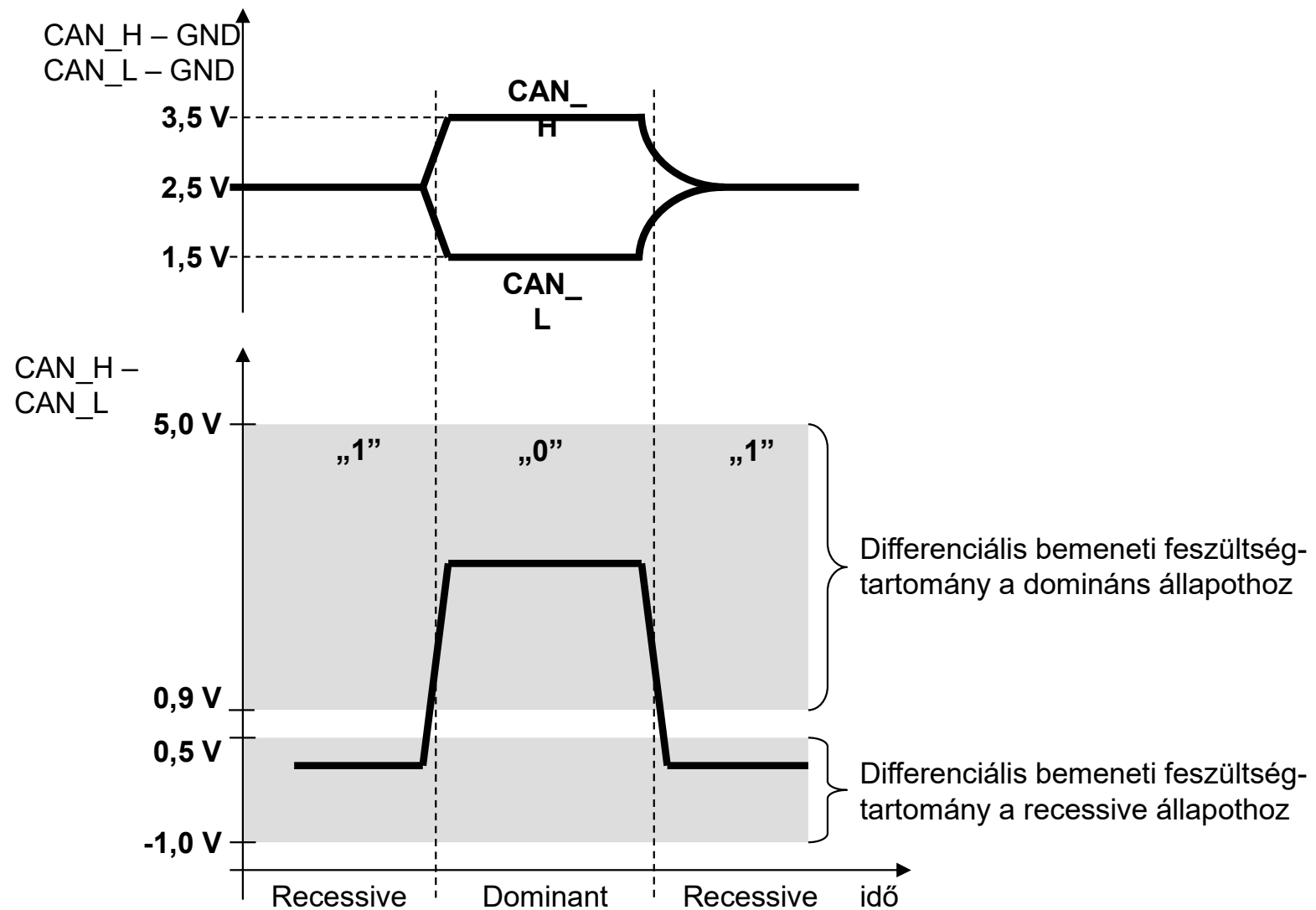
Méréstechnika és
Információs Rendszerek
Tanszék

Visszatekintés

Adatkeret (Data frame) – 2.0A / Standard CAN



High Speed CAN (ISO 11898-2) jelszintek



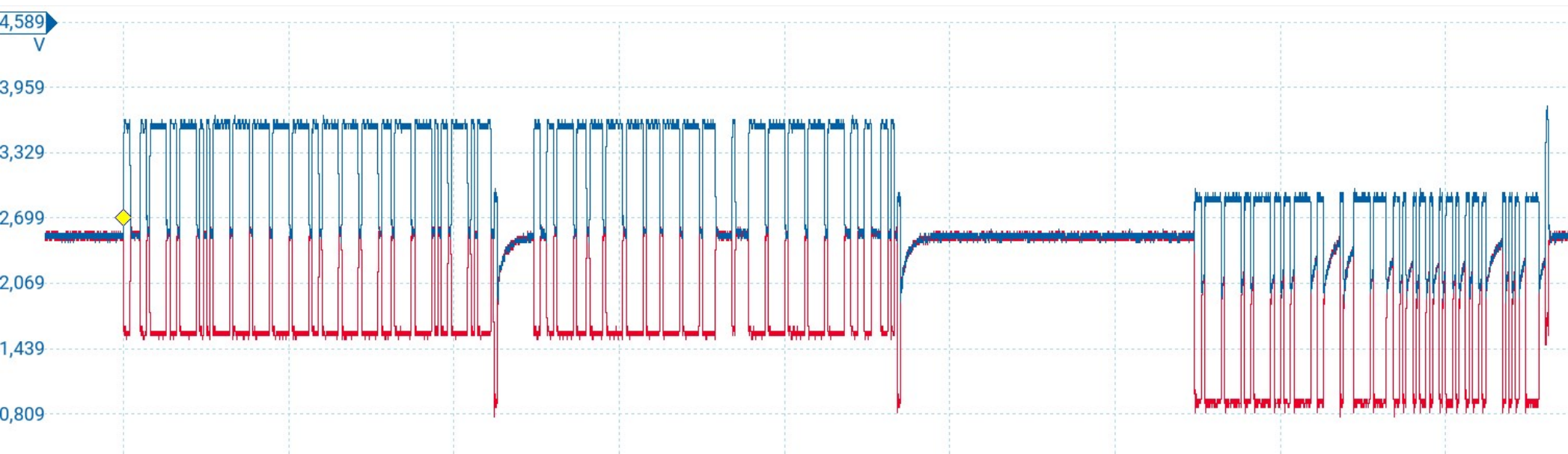
Fizikai réteg mérések

CAN keret normál 5V-os jelszintek



CAN - Ch A ×													
Export	Data to text	Fields	A ⁺	A ⁻	All buffers	Current buffer	Add Filter	Search:	All fields	[Enter value]			
Buffer Number	Packet	Start Time	End Time	ID	RTR	FDF	DLC	Data	CRC	ACK	CRC Valid	Bit Stuffing Valid	
7	1	1,6 ns	234 μs	280	0	0	8	00 18 10 12 18 00 16 18	59 07	0	✓	✓	

CAN keret 3.3V-os transciever



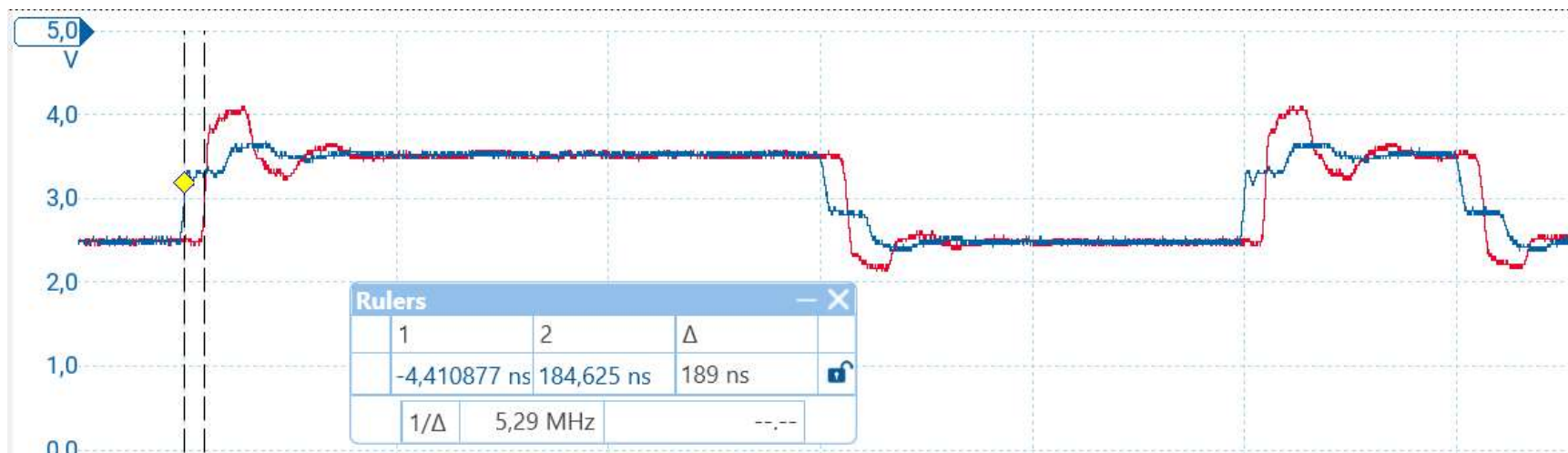
- Jól látszik az eltérő közös feszültség
- A 3.3V-os transceiver kicsit modernebb, ezért a CAN Low-t jobban képes lehúzni

Késleltetés hosszú CAN szakaszon



- Csak a CAN-High vezeték mérve
- A jelterjedés csavart érpáron $\sim 5\text{ns}/\text{méter}$
- A mért vezeték $\sim 40\text{m}$ hosszú, mindkét végén 120Ω -al lezárva
- Jól látszik, hogy minimális reflexió alakul csak ki, a jelek mindkét végén a busznak nagyon hasonlóak

Reflexiók a CAN buszon I.



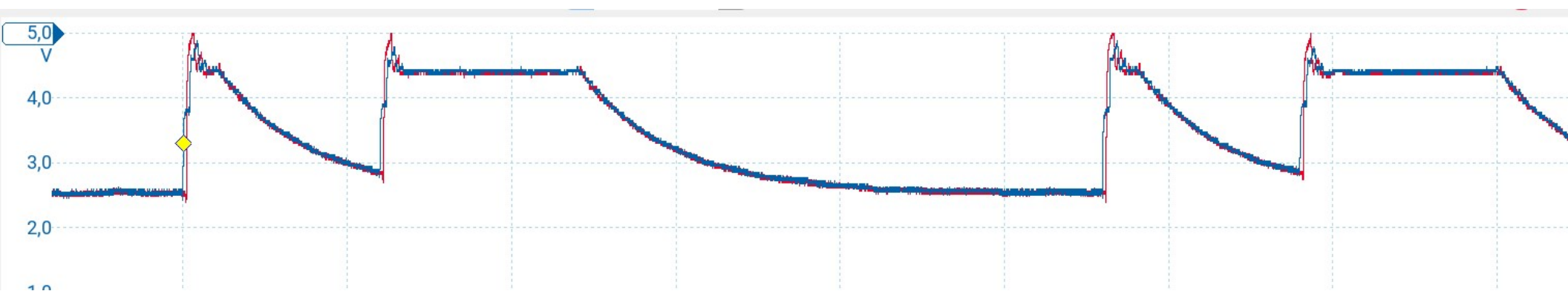
- Csak a CAN-High vezeték mérve
- A piros jel oldalán hiányzik a lezárás
- Az igazi probléma nem a recesszív domináns átmenet, hanem a domináns – recesszív, mert ott a következő bitbe erősen beleszólhat
- A látott ábra még működőképes a hálózaton

Reflexiók a CAN buszon II.



- A kábel túlvégén lévő lezárás hiányzik
- Az igazi probléma nem a recesszív domináns átmenet, hanem a domináns – recesszív, mert ott a következő bitbe erősen beleszólhat
- A látott ábra még működőképes a hálózaton

CAN busz lezárás nélkül



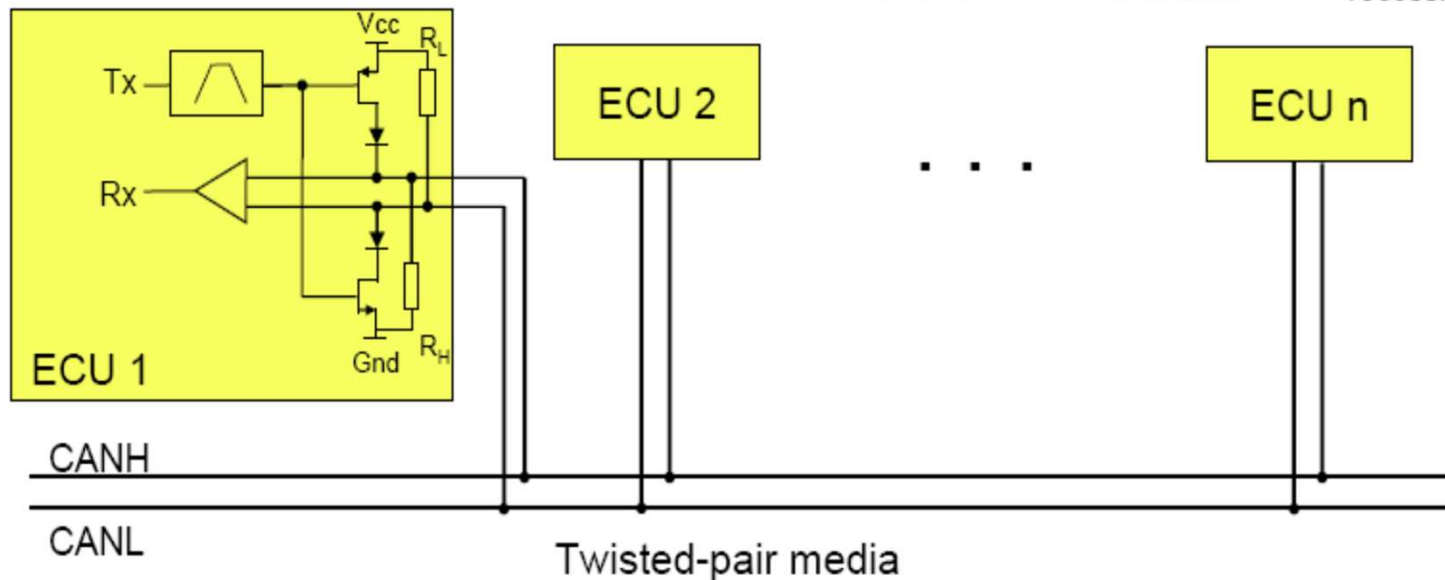
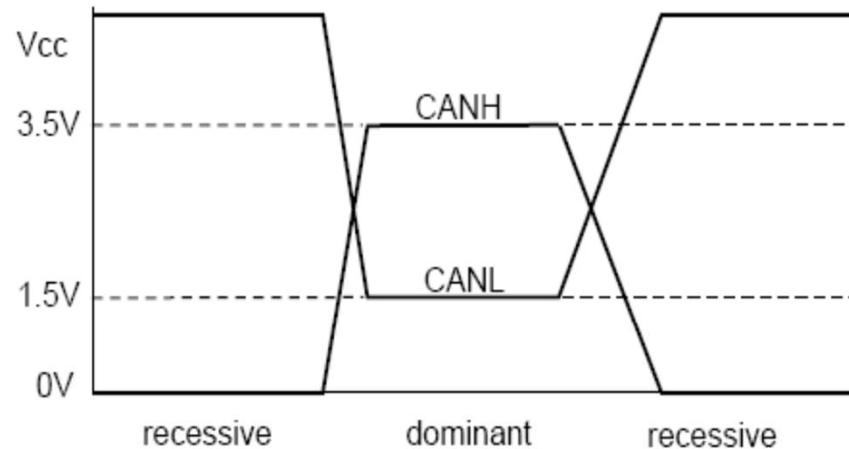
- Csak a CAN-High vezeték mérve
- A lezáró ellenállás nélkül nem tud a busz visszatérni a közös 2.5V-os feszültséghez
- Emiatt egy kapacitív lecsengés van, ami előbb utóbb megsérti a bitbeszúrást

Fizikai réteg változatok

Fault-tolerant CAN

Fault-tolerant CAN (ISO 11898-3)

- $\leq 125\text{Kbps}$ bitsebesség
- Automatikus átállás busz hiba esetén egyvezetékes módra
- Max 40m busz hossz
- Max 32 node



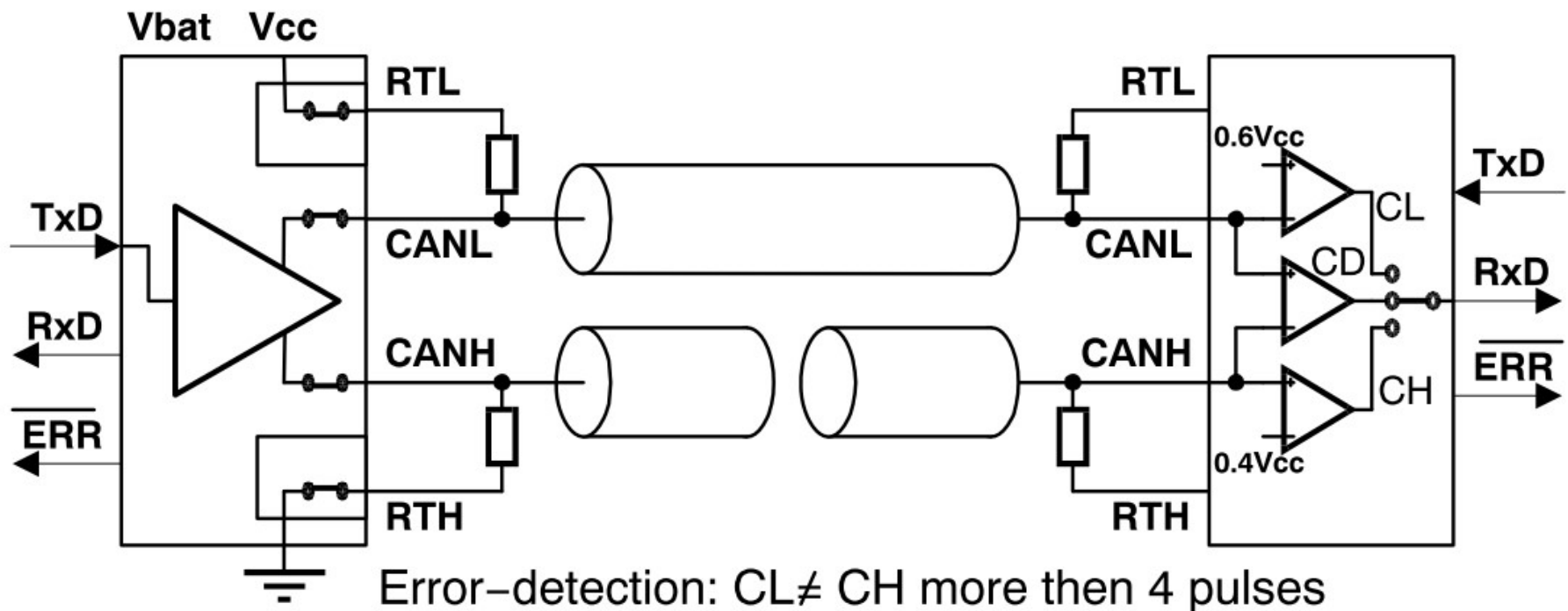
Source:
Rudan Bettelheim
Senior Systems Engineer
Freescale Technology
Forum
2005 Bangalore

Hibamodell

- 1. CANH vezeték szakadás
- 2. CANL vezeték szakadás
- 3. CANH rövidzár az akkumulátor feszültséghez
- 4. CANL rövidzár a földhöz
- 5. CANH rövidzár a földhöz
- 6. CANL rövidzár az akkumulátor feszültséghez
- 7. CANL rövidzár CANH-hoz

1. CANH wire interrupted

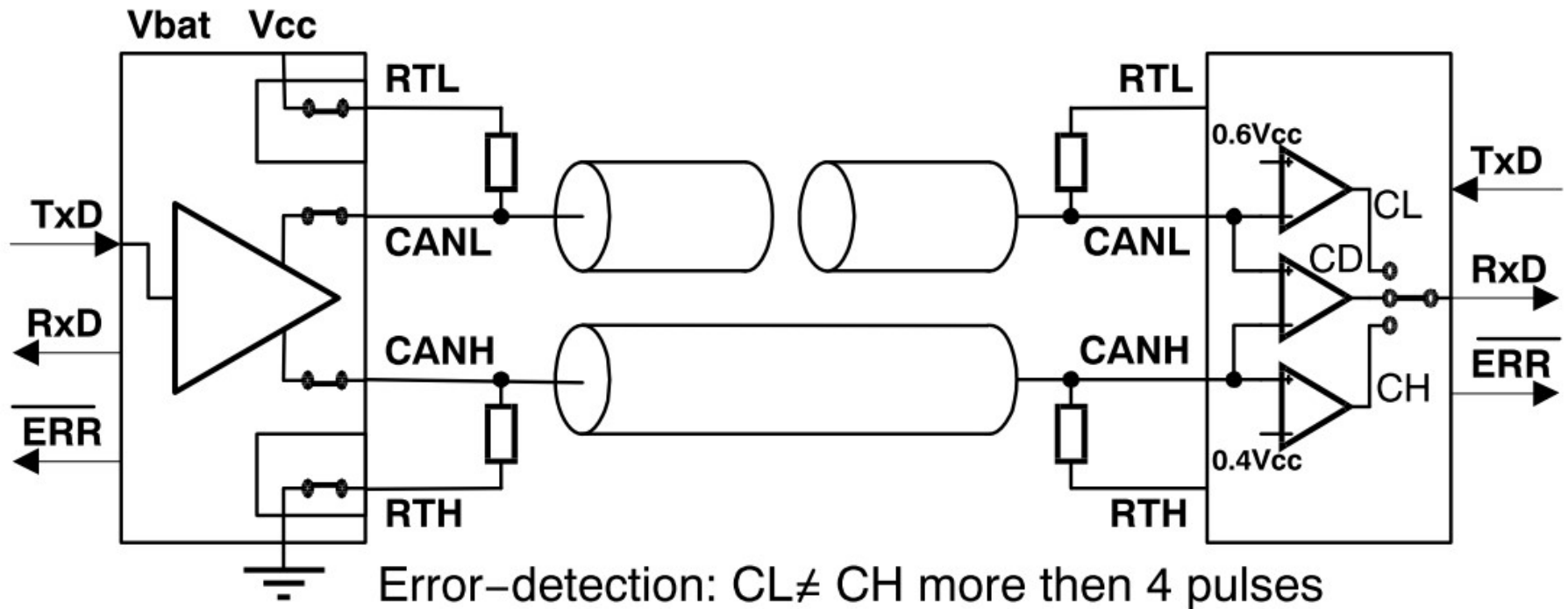
Failure 1 : CANH wire interrupted



Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

2. CANL wire interrupted

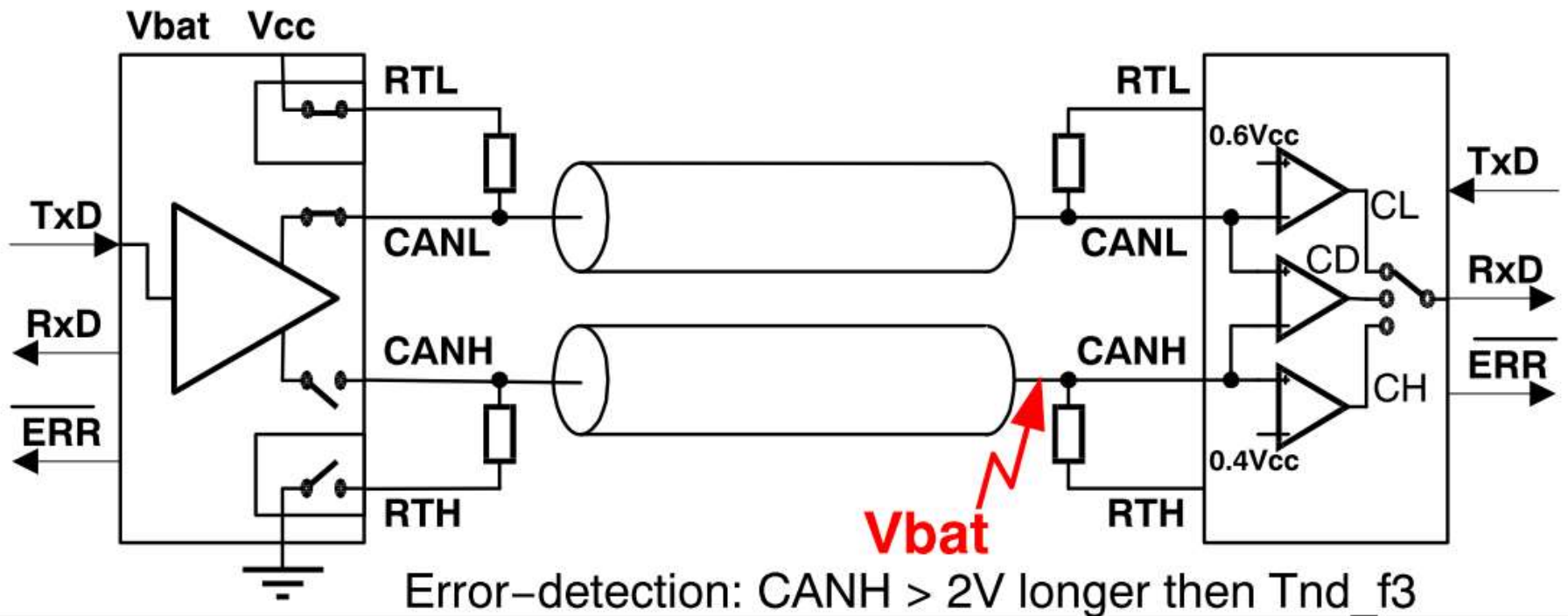
Failure 2 : CANL wire interrupted



Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

3. CANH short-circuited to battery

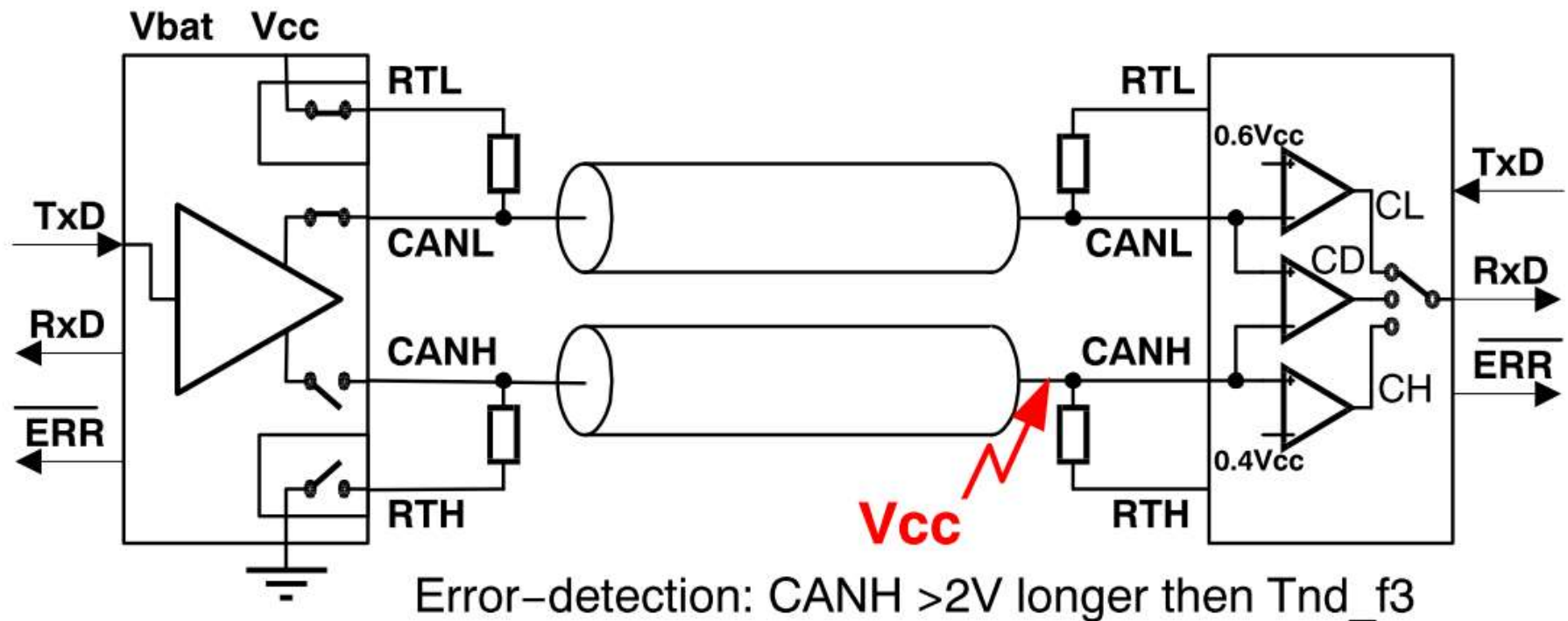
Failure 3 : CANH shorted to Vbat



Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

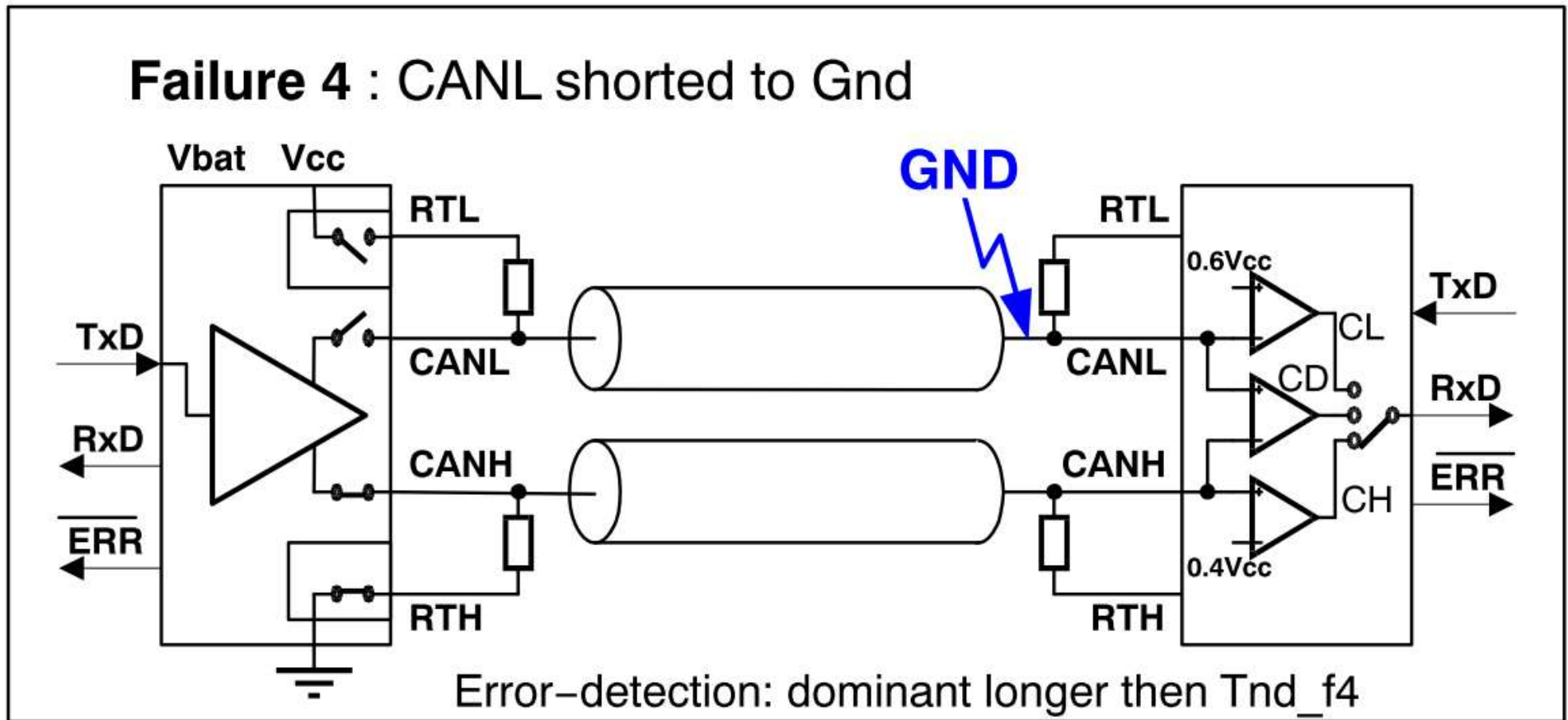
3.a CANH short-circuited to Vcc

Failure 3a : CANH shorted to Vcc



Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

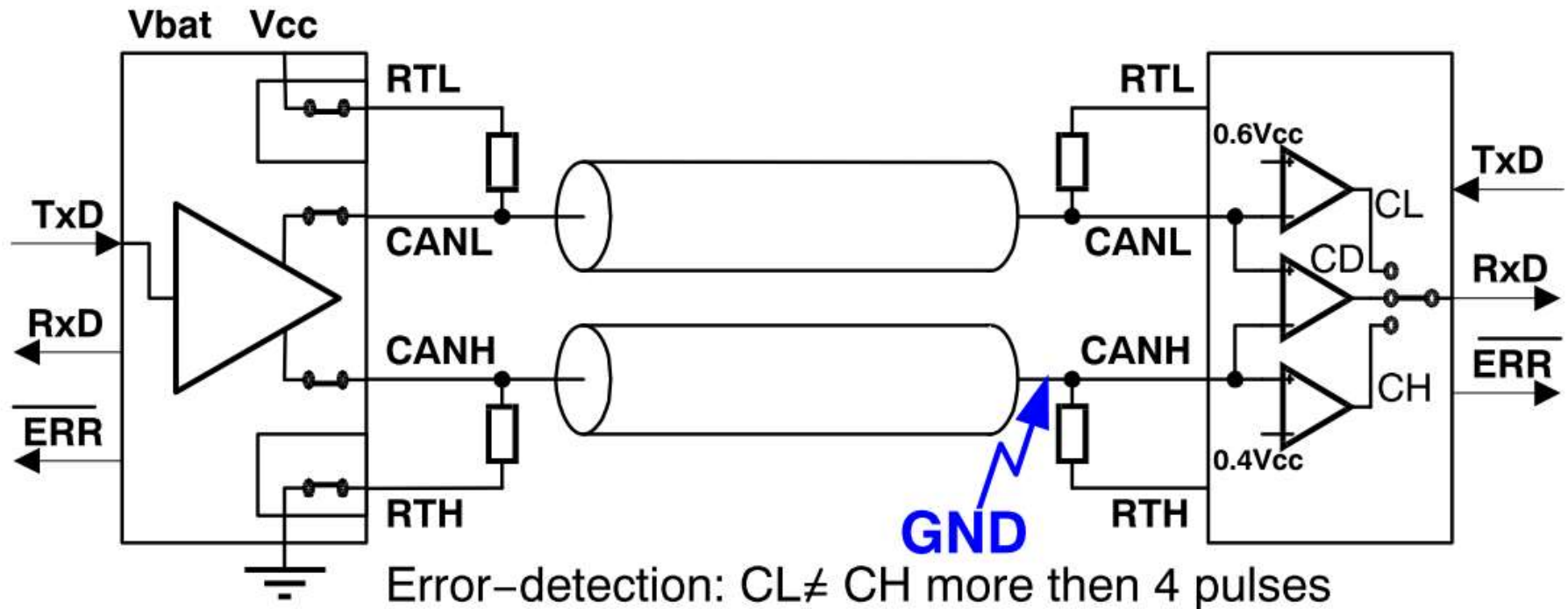
4. CANL short-circuited to ground



Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

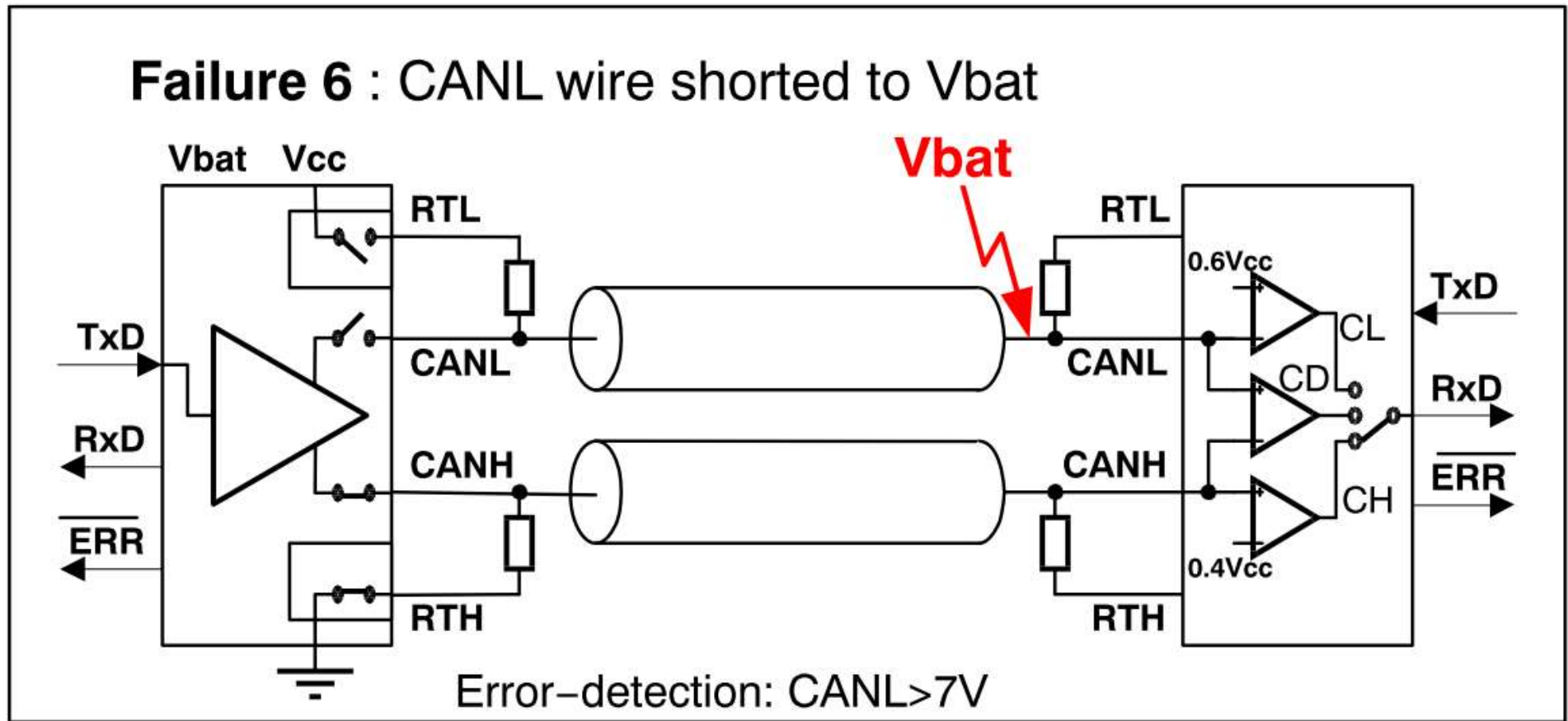
5. CANH short-circuited to ground

Failure 5 : CANH shorted to Gnd



Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

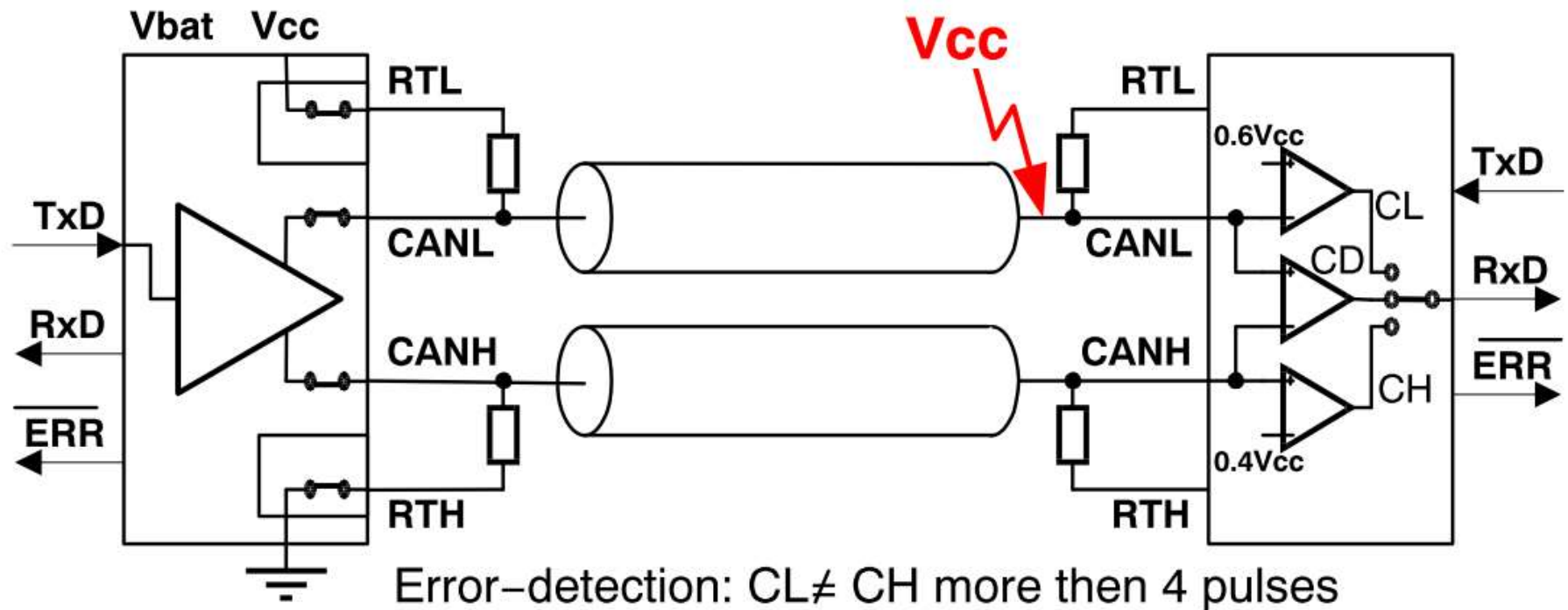
6. CANL short-circuited to battery



Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

6.a CANL short-circuited to Vcc

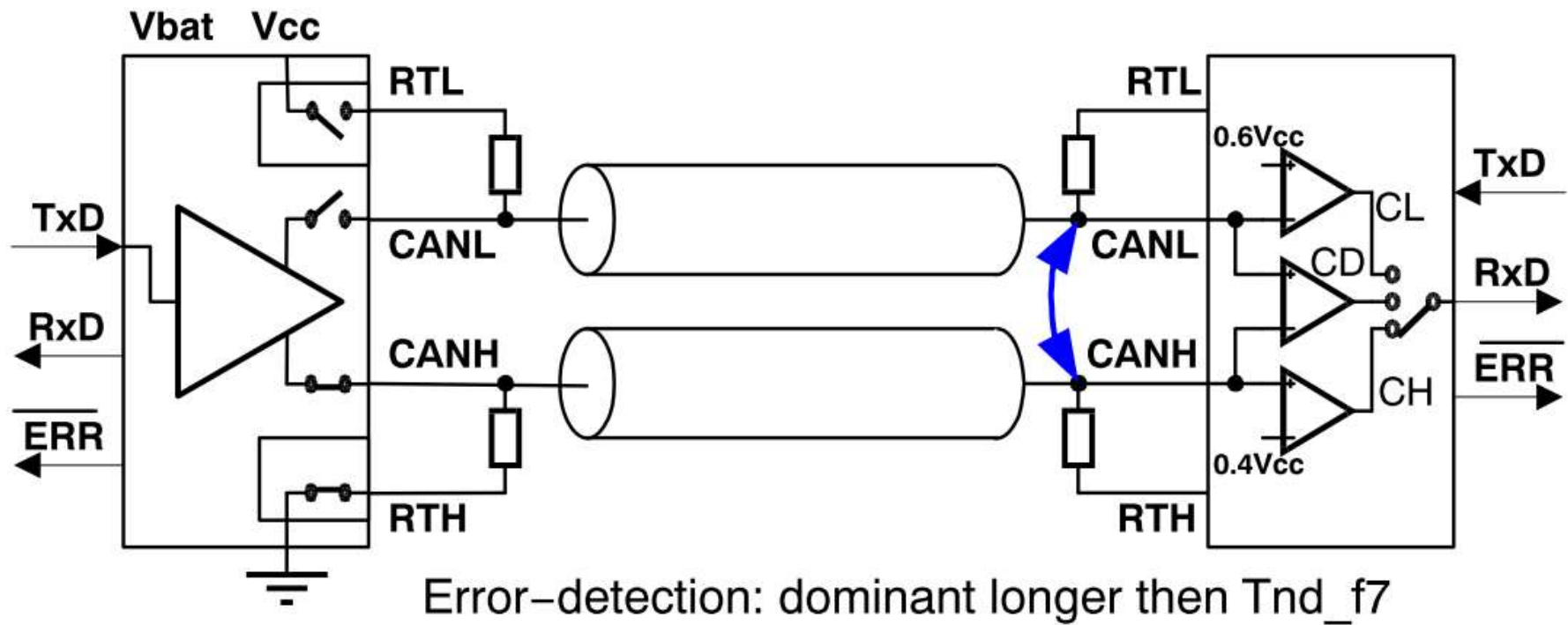
Failure 6a : CANL shorted to Vcc



Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

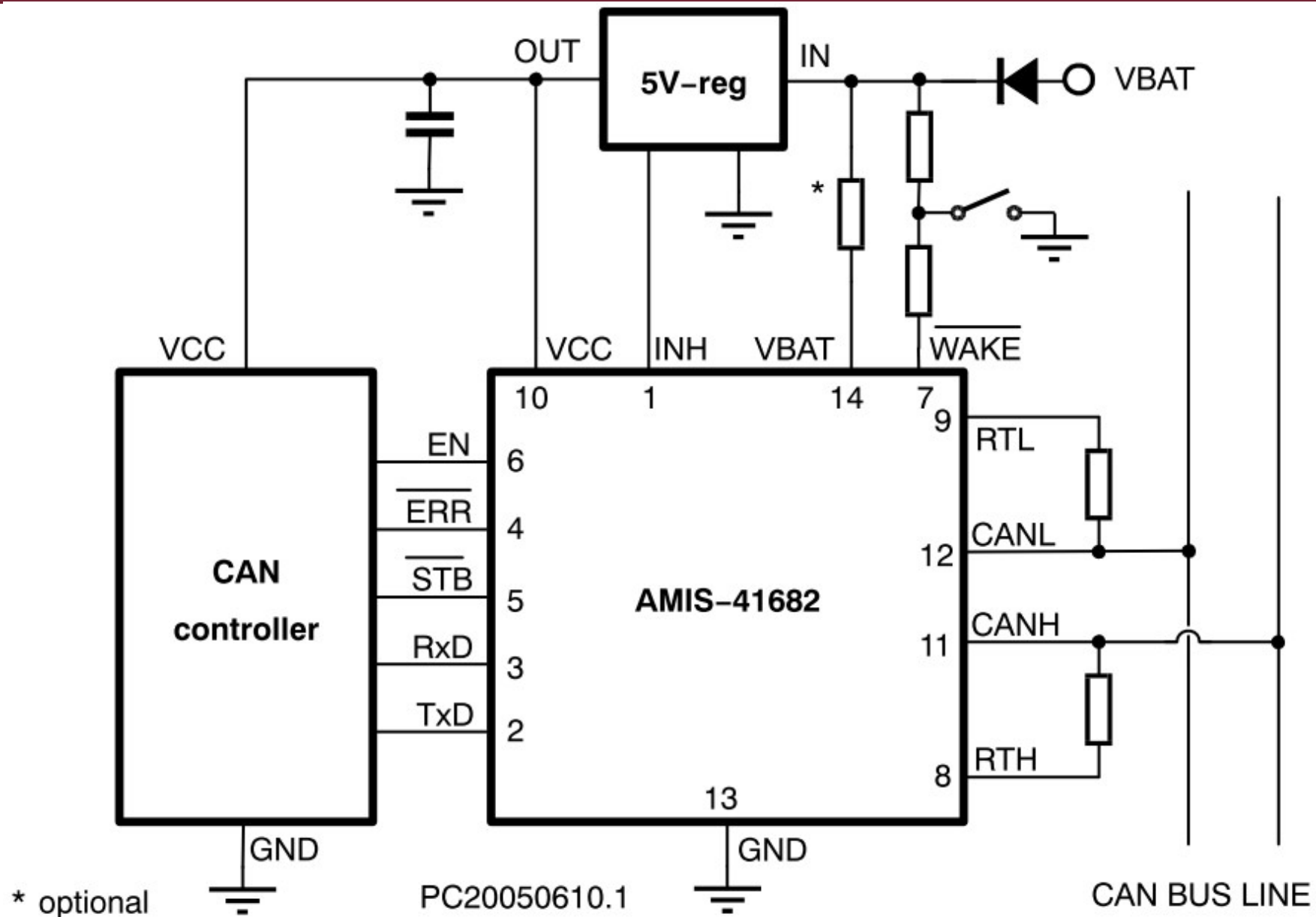
7. CANL mutually shorted to CANH

Failure 7 : CANH shorted to CANL



Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

Példa: fault-tolerant CAN node

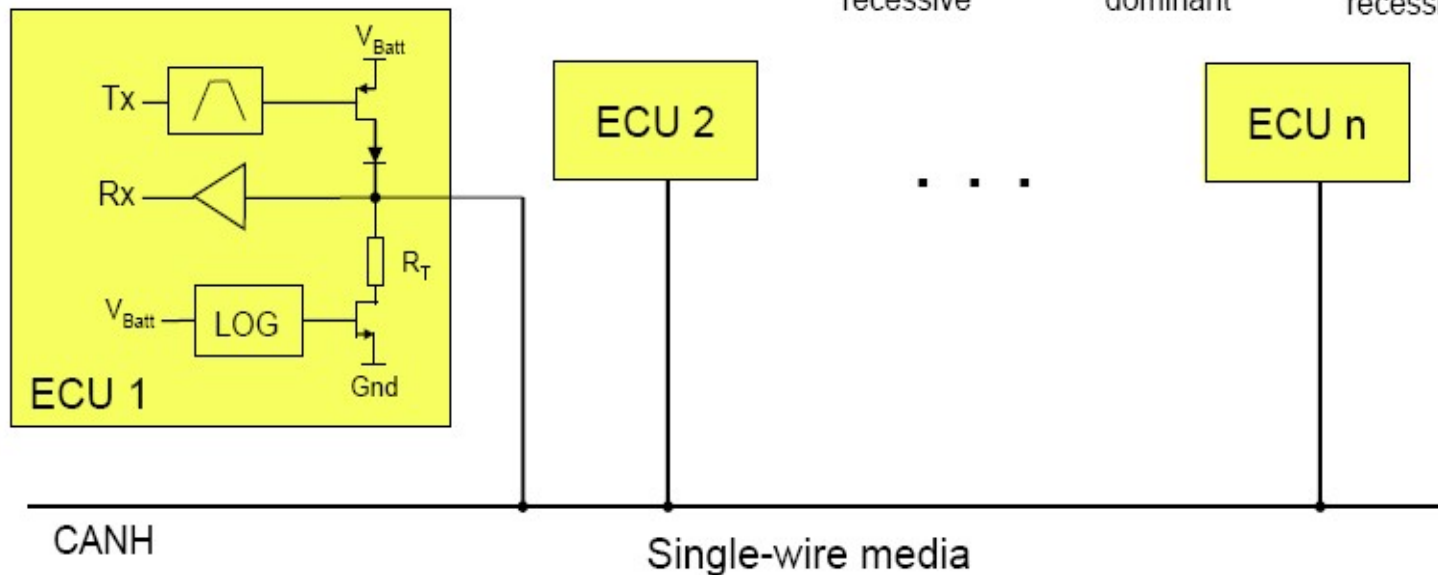
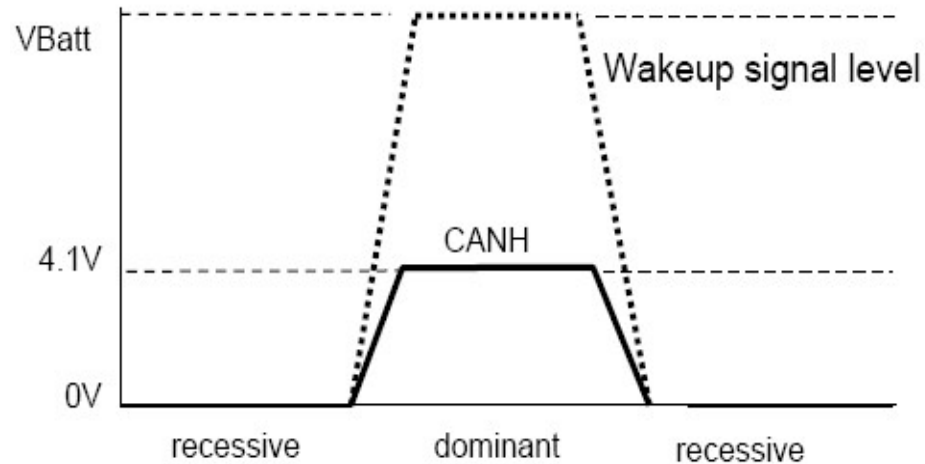


Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

Single-wire CAN

Single-wire CAN (SAE J2411)

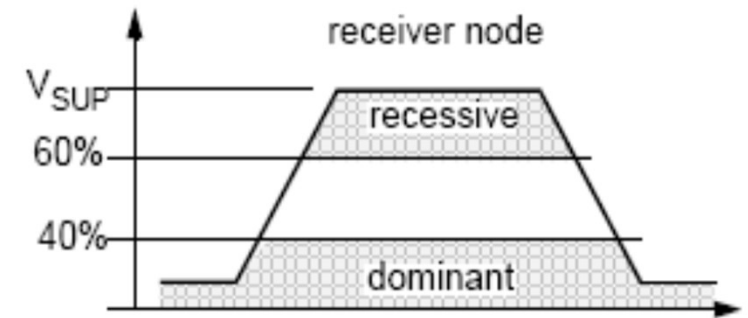
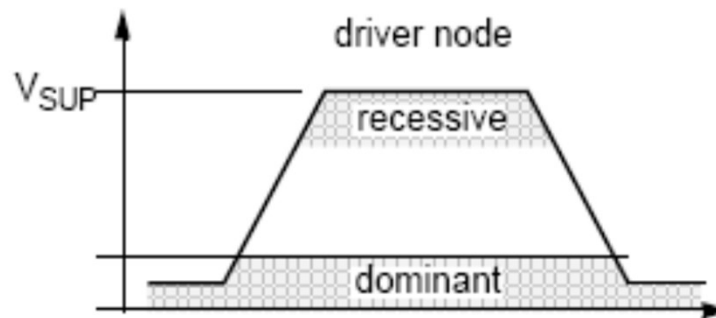
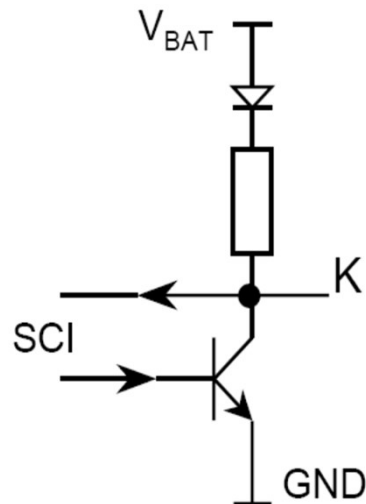
- $\leq 33.33\text{Kbps}$ bitsebesség
- Max 40m busz hossz
- Max 32 node



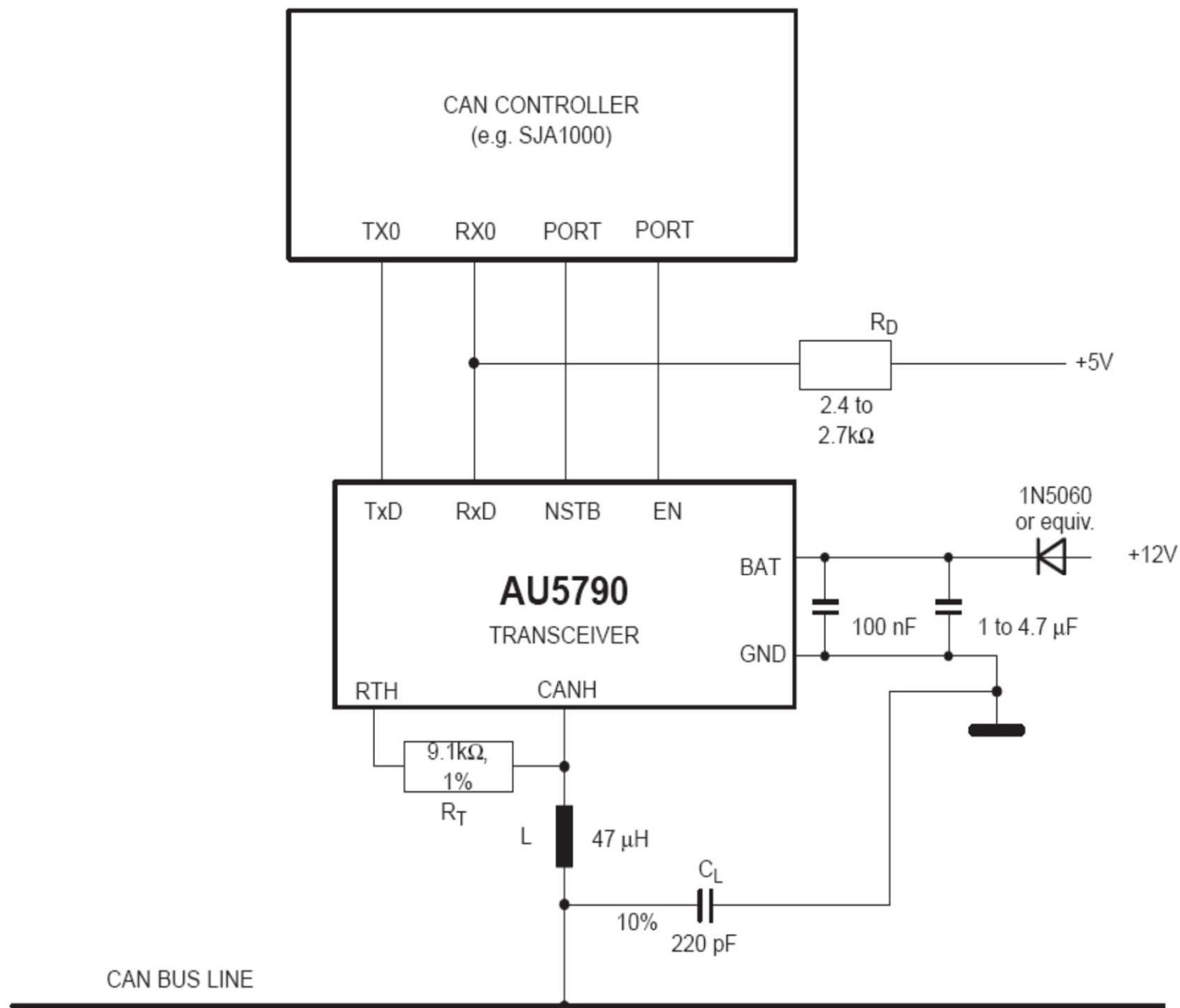
Source:
Rudan Bettelheim
Senior Systems Engineer
Freescale Technology
Forum
2005 Bangalore

Összehasonlítás LIN – Fizikai réteg

- Alapötlet: K-Line (ISO 9141)
- Open-collector
- Az autóakkumulátor szintjéhez (V_{bat}) igazodik.



[Introduction to Local Interconnect Network (LIN)
Hans-Chr. v. d. Wense, Motorola, March 2000]



http://www.nxp.com/documents/data_sheet/AU5790.pdf

Note 1 TX0 should be configured to push-pull operation, active low; e.g., Output Control Register = 1E hex.

Note 2 Recommended range for the load resistor is $3k < R_T < 11k$.

SL01200

Új CAN változatok

CAN FD (Flexible Datarate)

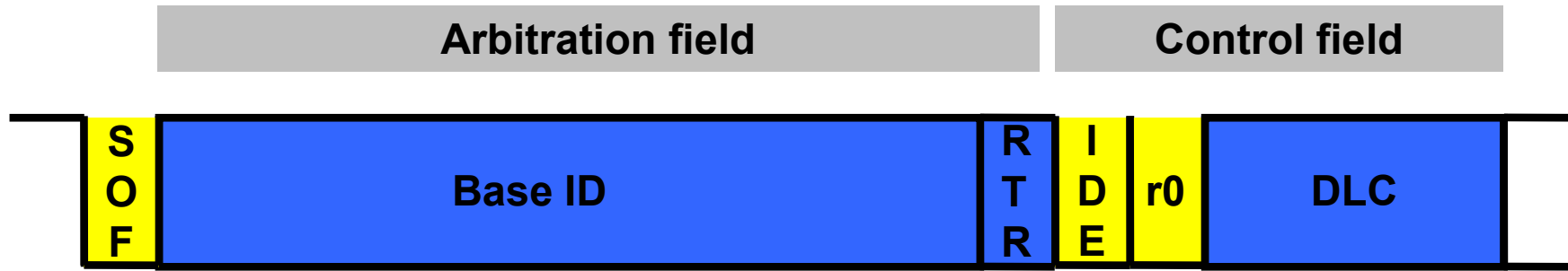
- A technológia fejlődésével a CAN eredeti max. 1Mbit/sec sebessége kevésnek bizonyult
- CAN FD: Bosch előfejllesztés, ami később módosulva az ISO 11898-1:2015 szabványként lesz nemzetközi
- Tulajdonságok
 - Max. 64byte adatkeretenként
 - Kettős bitsebesség: 1 keret elején a CAN2.0 max. 1Mbit/sec sebessége az adatkeretben hálózat és transciever függő (SIC: Signal Improvement Capability csillag hálózatokhoz) sebesség (praktikusan max. 5-8Mbit/sec)
 - Fejlesztett CRC, bitbeszúrás számlálással (17bit-es CRC 16 adatbyte-ig, 21-bit 20-64 adatbyte-nál)
 - Bizonyos feltételekkel együtt használható hagyományos CAN hálózatokkal



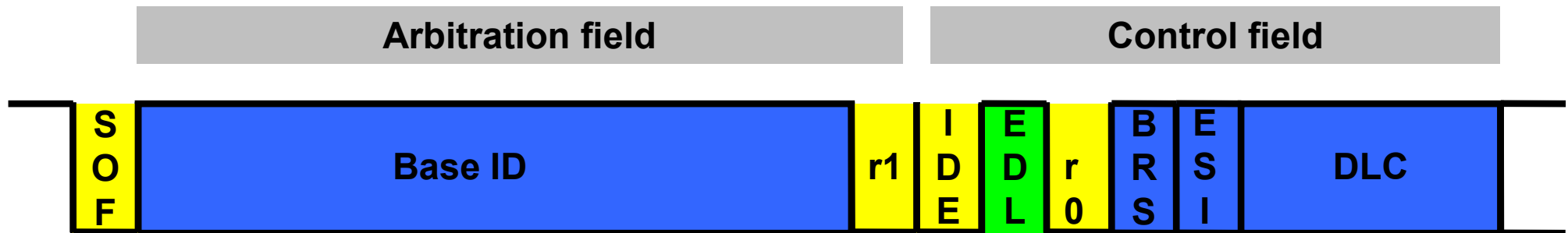
CAN FD – Flexible Data Rate

CAN FD – Frame Format

CAN Base Format



CAN FD Base Format



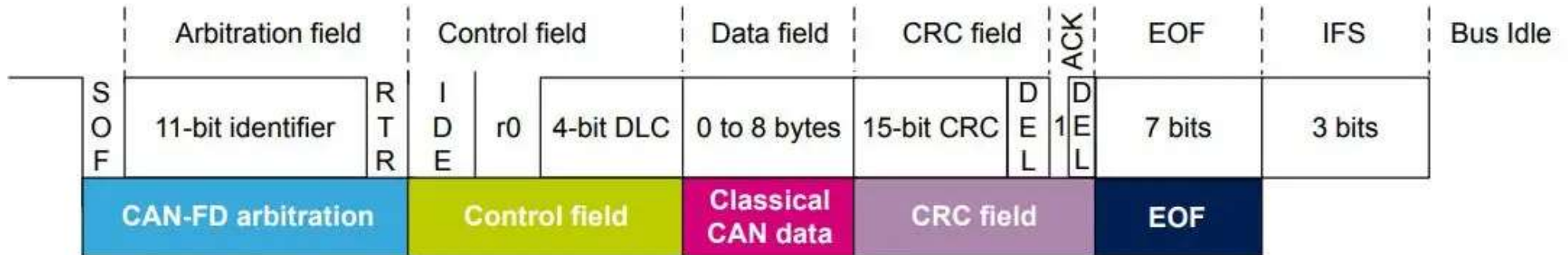
EDL: Extended Data Length

BRS: Bit Rate Switch (r= switched d=not switched)

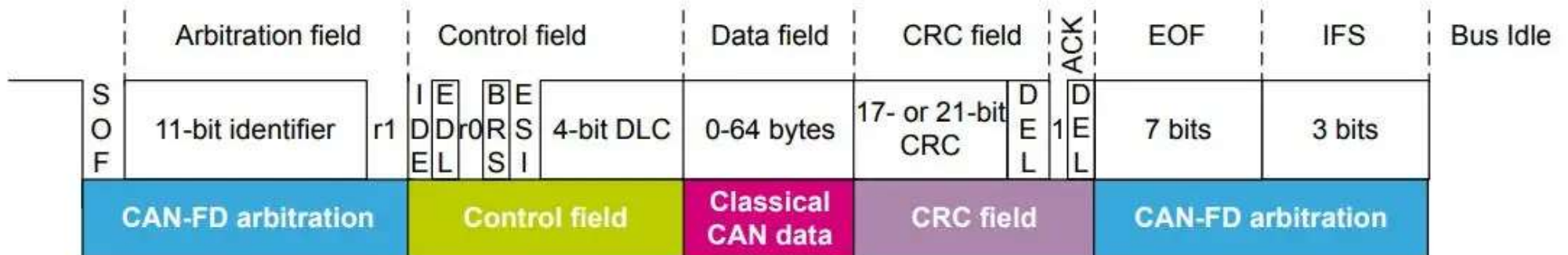
ESI: Error State Indicator (r= error passive node d=error active node)

CAN FD

CAN 2.0: Classical base frame format



CAN-FD: CAN flexible data rate base frame format



DEL = Deliminators RTR = Remote transmission request

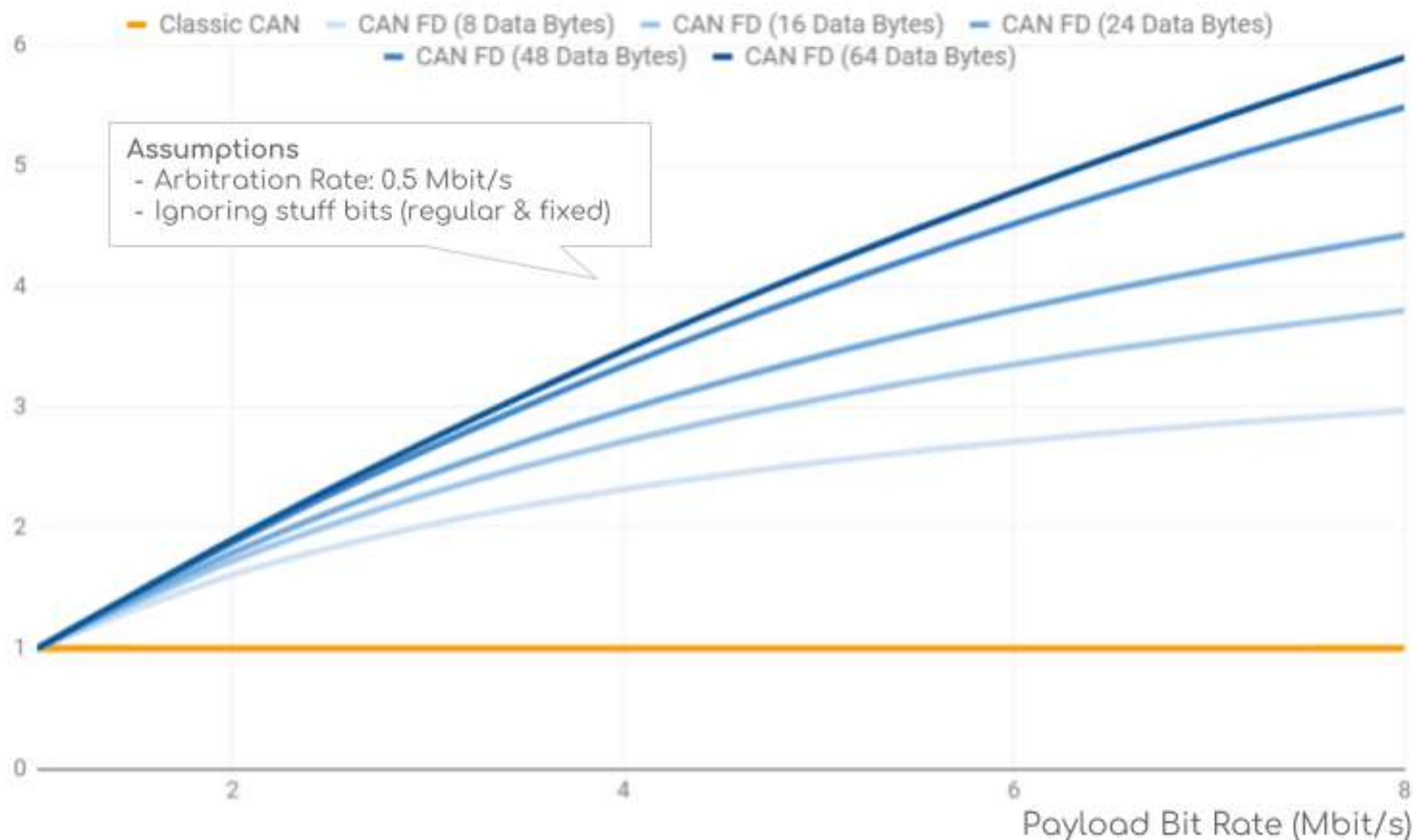
CAN FD – Data Length (0-64 byte)

	Number of Data Bytes	Data Length Code			
		DLC3	DLC2	DLC1	DLC0
Codes in CAN and CAN FD Format	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	1
	2	0	0	1	0
	3	0	0	1	1
	4	0	1	0	0
	5	0	1	0	1
	6	0	1	1	0
	7	0	1	1	1
CAN Format	8	1	0/1	0/1	0/1
Codes in CAN FD Format	8	1	0	0	0
	12	1	0	0	1
	16	1	0	1	0
	20	1	0	1	1
	24	1	1	0	0
	32	1	1	0	1
	48	1	1	1	0
	64	1	1	1	1

CAN FD átviteli hatékonyság

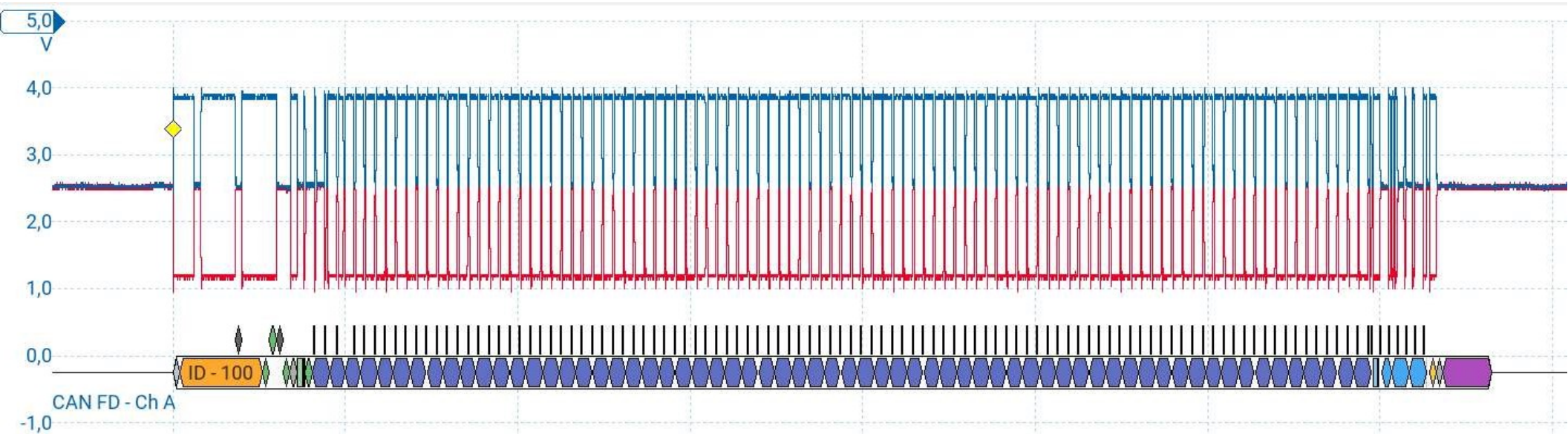
CAN/CAN FD - Average Bit Rate (Mbit/s) vs. Payload Bit Rate & Data Length

Avg. Bit Rate (Mbit/s)



Forrás: <https://www.csselectronics.com/pages/can-fd-flexible-data-rate-intro>

CAN FD keret értelmezése PicoScope-al



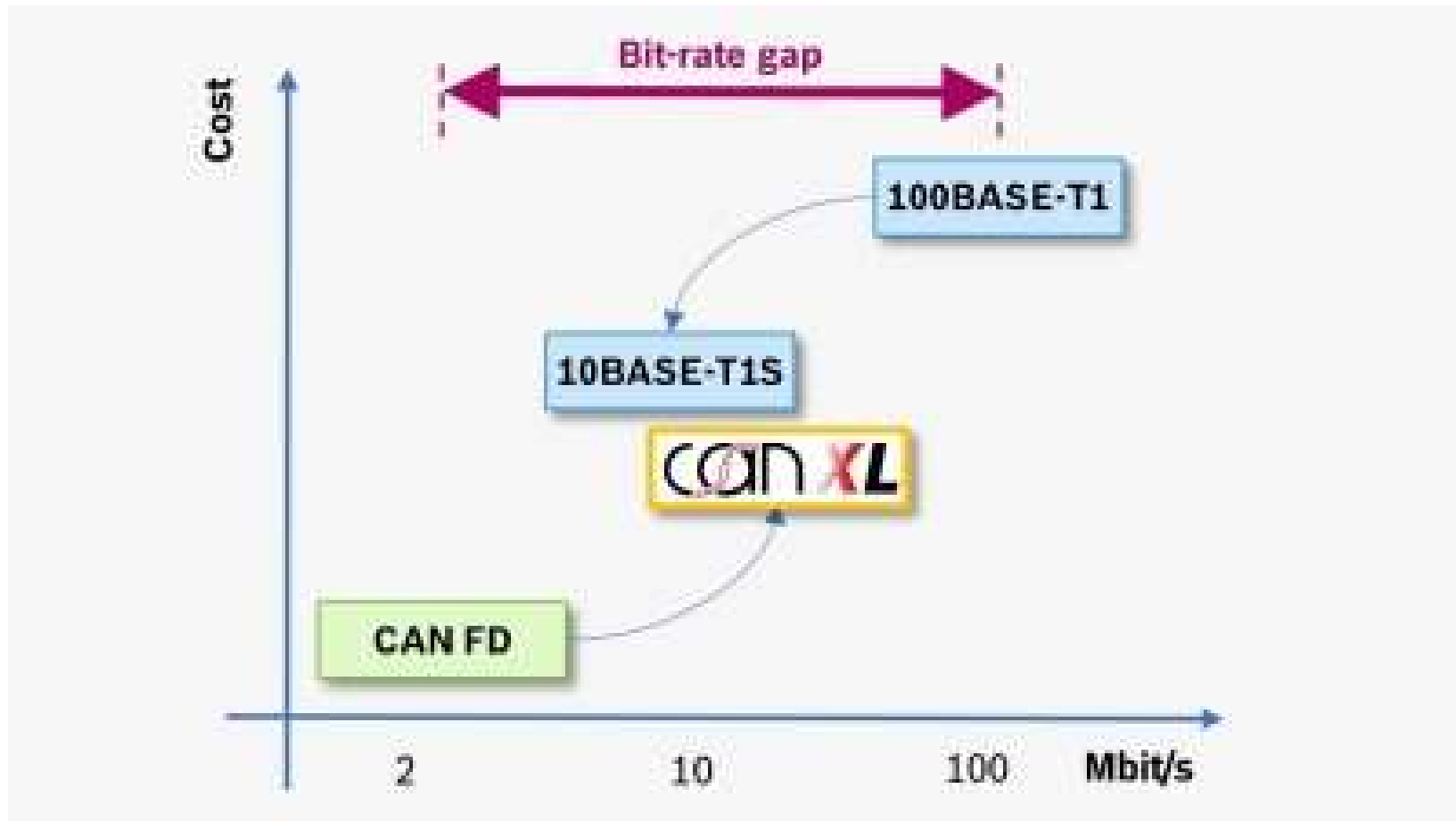
- Arbitrációs rész 500kbit/sec
- Adatrész 2Mbit/sec
- Adat mező 64byte-os



CAN XL – eXtraLagre CAN

CAN XL

- Cél a CAN FD-nél gyorsabb átvitel megvalósítása



CAN XL

■ Tulajdonságok

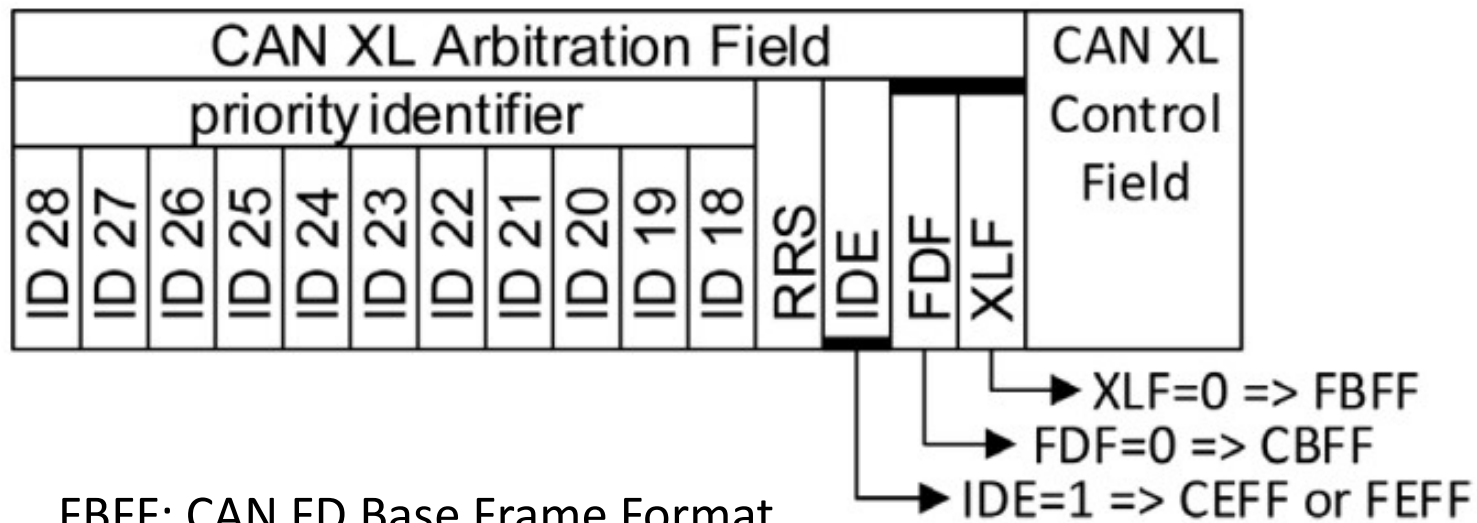
- Vagy CAN-FD, vagy CAN XL transceiver-t használ (CAN XL transceiver arbitrációs szakaszban normál jelszinteket használ, utána vált más jelszintre)
- CAN-FD transceiver-rel képes klasszikus a CAN-FD hálózatokkal együttműködni
- Max. 2048byte adatkeretenként, lehetővé téve IP protokollok használatát, vagy akár Ethernet keretek átvitelét
- Külön prioritás és címzés funkció

SOF	Arbitration	Control	Data (field)	CRC	ACK	EOF
1 bit	15 bit	81 bit	1 to 2048 byte	36 bit	6 bit	7 bit

CAN XL keretformátum

- A keret eleje megegyezik a CAN-FD-vel annak az r0-bitjéig

Priority ID	RRS	IDE	FDF	XLF
11 bit	1 bit	1 bit	1 bit	1 bit



FBFF: CAN FD Base Frame Format

CBFF: Classic CAN Base Frame Format

CEFF: Classic CAN Extended Frame Format

FEFF: CAN FD Extended Frame Format

CAN XL Control Frame

■ Átvitel vezérlés

resXL	ADS (ADH, DH1, DH2, DL1)	SDT	SEC	DLC	SBC	PCRC	VCID	AF
1 bit	4 bit	8 bit	1 bit	11 bit	3 bit	13 bit	8 bit	32 bit

CAN XL Control Field																				
resXL	ADS			PT			DLC				SBC			HCRC						
	AL1	DH1	DL1	Bit 7	Bit 6	:	Bit 1	Bit 0	Bit 10	Bit 9	:	Bit 1	Bit 0	SBC 2	SBC 1	SBC 0	Bit 12	Bit 11	:	Bit 1

ADS: szinkronizációs élek az arbitráció és adatmező közötti váltáshoz

PT: Adat típus választás. CAN keret, TCP/IP, SOME/IP

DLC: Adat hossz megadása: 1-2048 byte-ig

SBC: Stuff Bit Count

HCRC: Header CRC

VCID: Virtual CAN network ID

AF: Acceptance Field

CAN XL CRC és ACK field

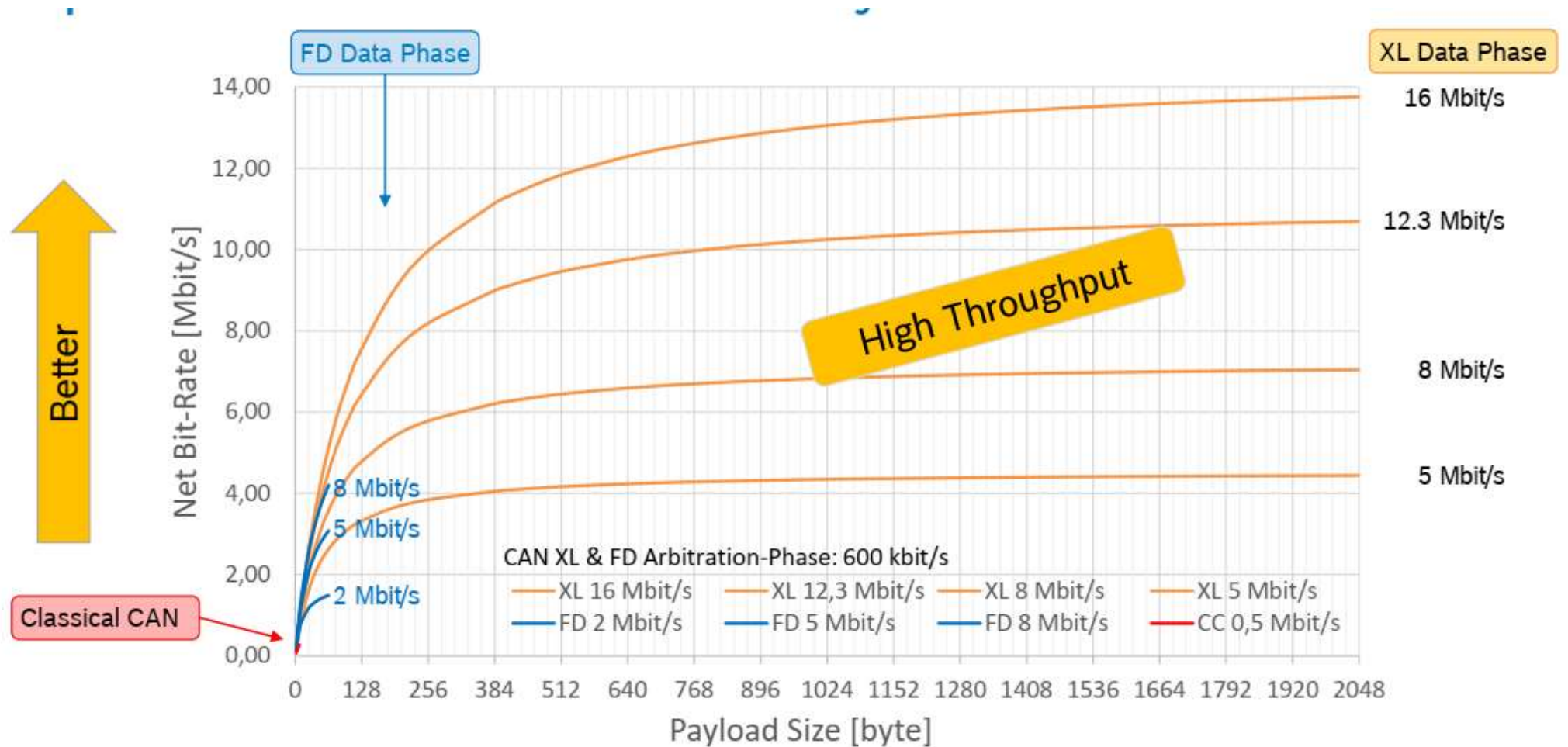
- CRC: 32 bites CRC, FCP Frame format check pattern

Data Field										CRC Field								
Byte(0)					⋮	Byte(DLC)					FCRC				FCP			
Bit 7	Bit 6	⋮	Bit 1	Bit 0		Bit 7	Bit 6	⋮	Bit 1	Bit 0	Bit 31	Bit 30	⋮	Bit 1	Bit 0	FCP 3	FCP 2	FCP 1

- ACK: DAS váltás az adat és arbitrációs mező bitrétjei között

ACK Field					EOF			Intermission		
DAS			ACK		Bit 1	⋮	Bit 7	Bit 1	Bit 2	Bit 3
AH1	AL2	AH2	ACK Slot	ACK Dlm						

CAN XL vs CAN FD



CAN üzenetek és signalok

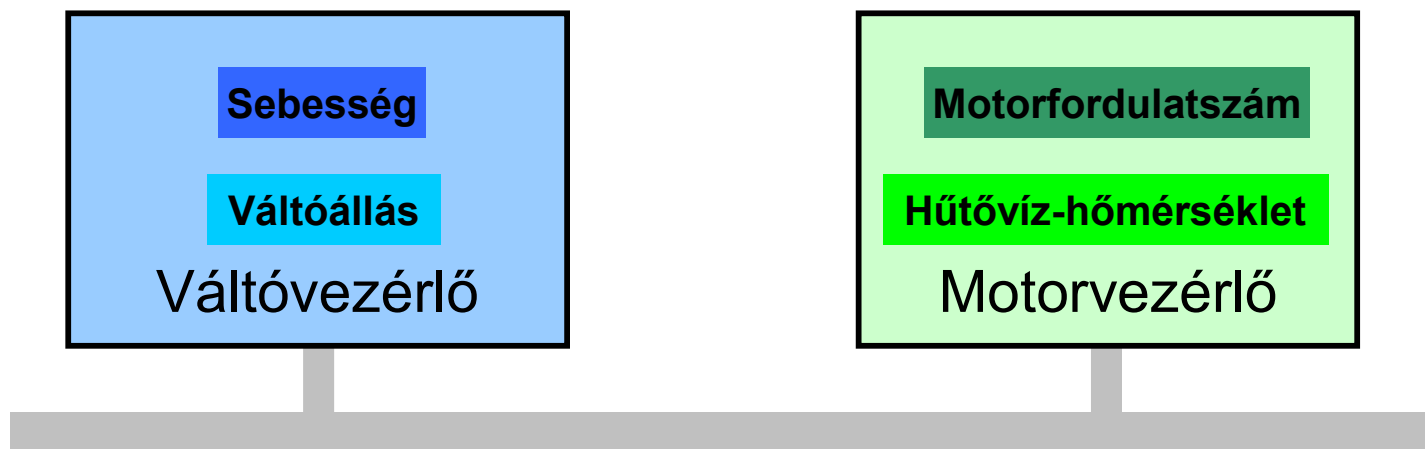
CAN üzenetek (message-ek)

- A 8 byte-os adatmező lehetséges tartalma
- Signalok
 - Normál autóiipari kommunikáció
- Diagnosztikai üzenetek
 - KWP2000
 - UDS
 - OBD...
- Alkalmazási réteg protokolljai
 - CANopen
 - DeviceNet
 - CAN Kingdom ...

CAN signal

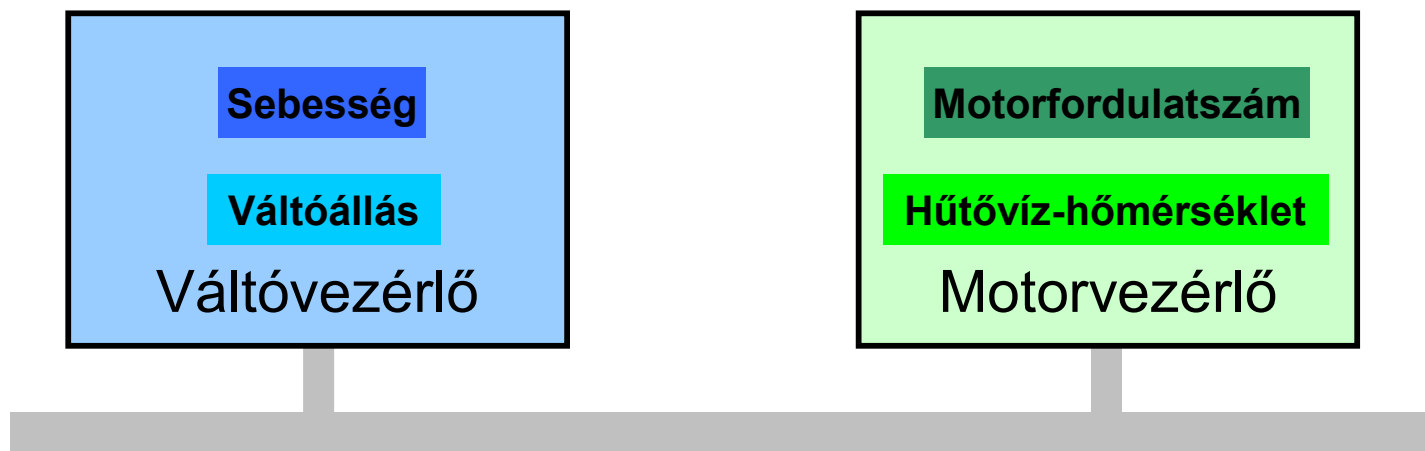
- Signal: valamilyen változó értéke
- Hossza: 1–64 bit
- Egy CAN üzenet (message) több signalt is tartalmazhat.

CAN signalok, példa



Signal neve	Min-max	Mértékegység
Sebesség	0 – 250	km/h
Váltóállás	-1 – +5	
Motorfordulatszám	0 – 10000	RPM
Hűtővíz-hőmérséklet	-20 – 100	C fok

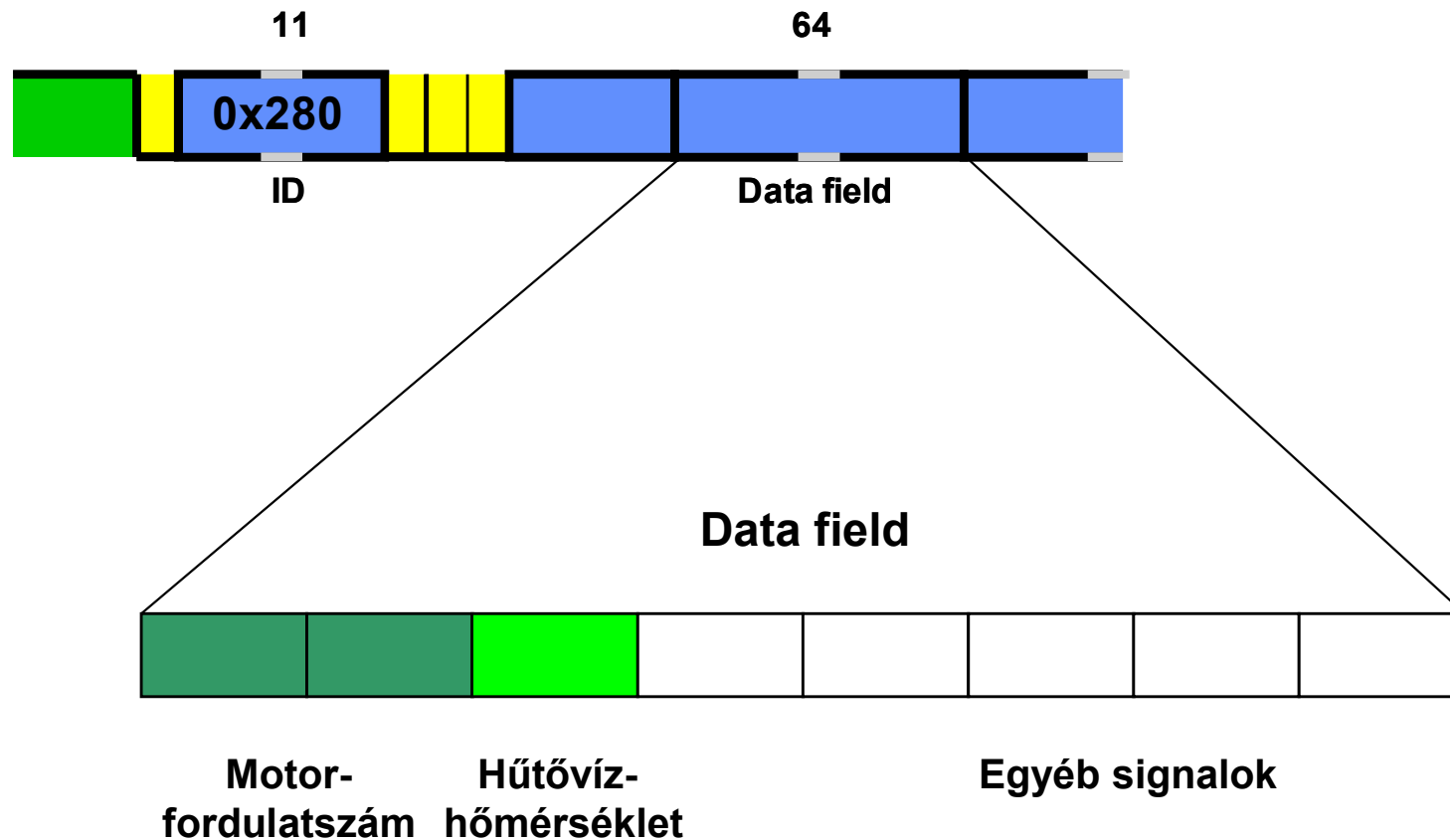
CAN signalok, példa



Signal neve	Min-max	Mértékegység	Konverzió	Nyers adat mérete
Sebesség	0 – 250	km/h	$y = x * 4$	10 bit
Váltóállás	-1 – +5		$y = x + 1$	3 bit
Motorfordulatszám	0 – 10000	RPM	$y = x$	16 bit
Hűtővíz-hőmérséklet	-20 – 100	C fok	$y = (x+20) * 2$	8 bit

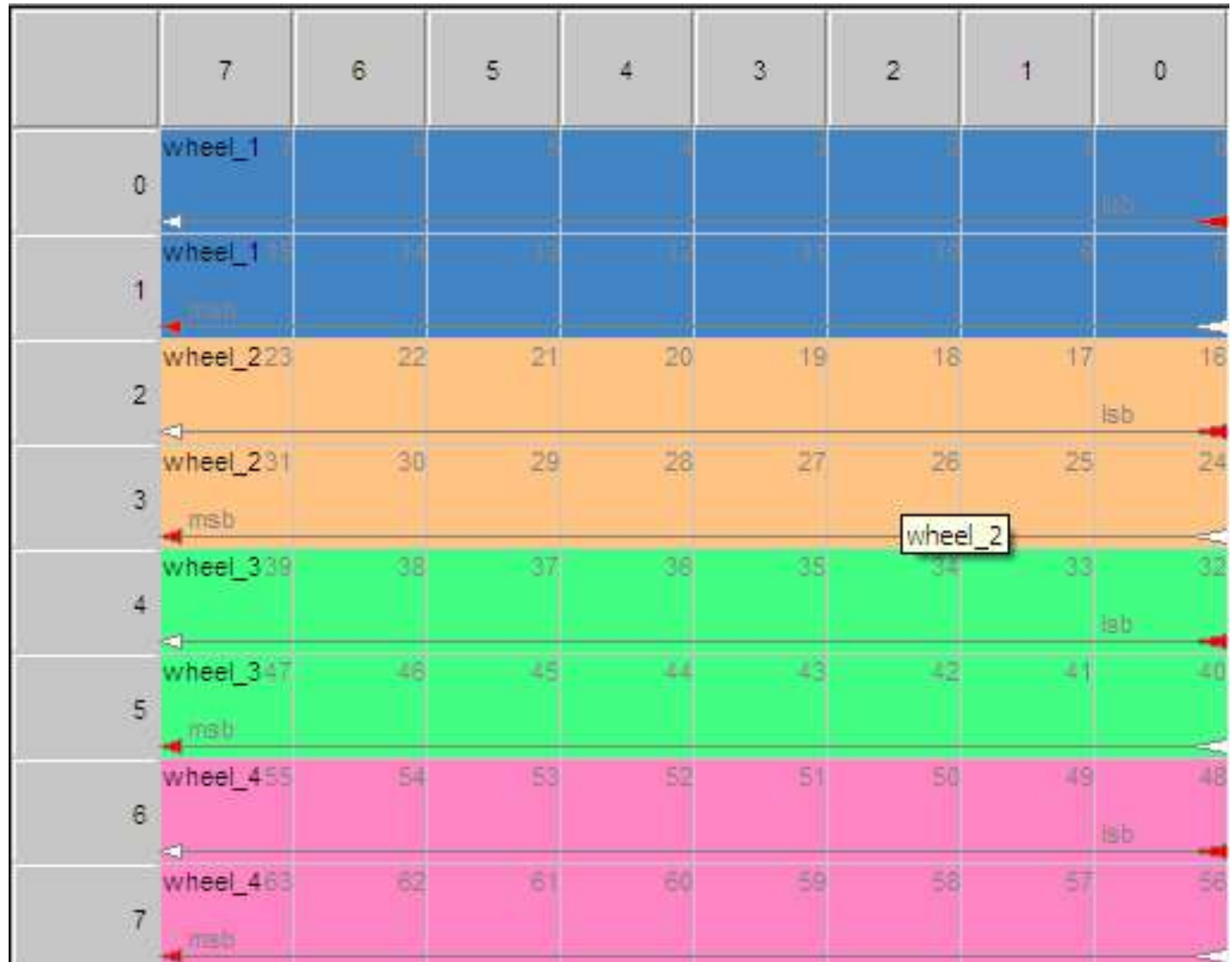
Példa: message és signalok

Motor üzenet, ID=0x280



Példa: message és signalok másként

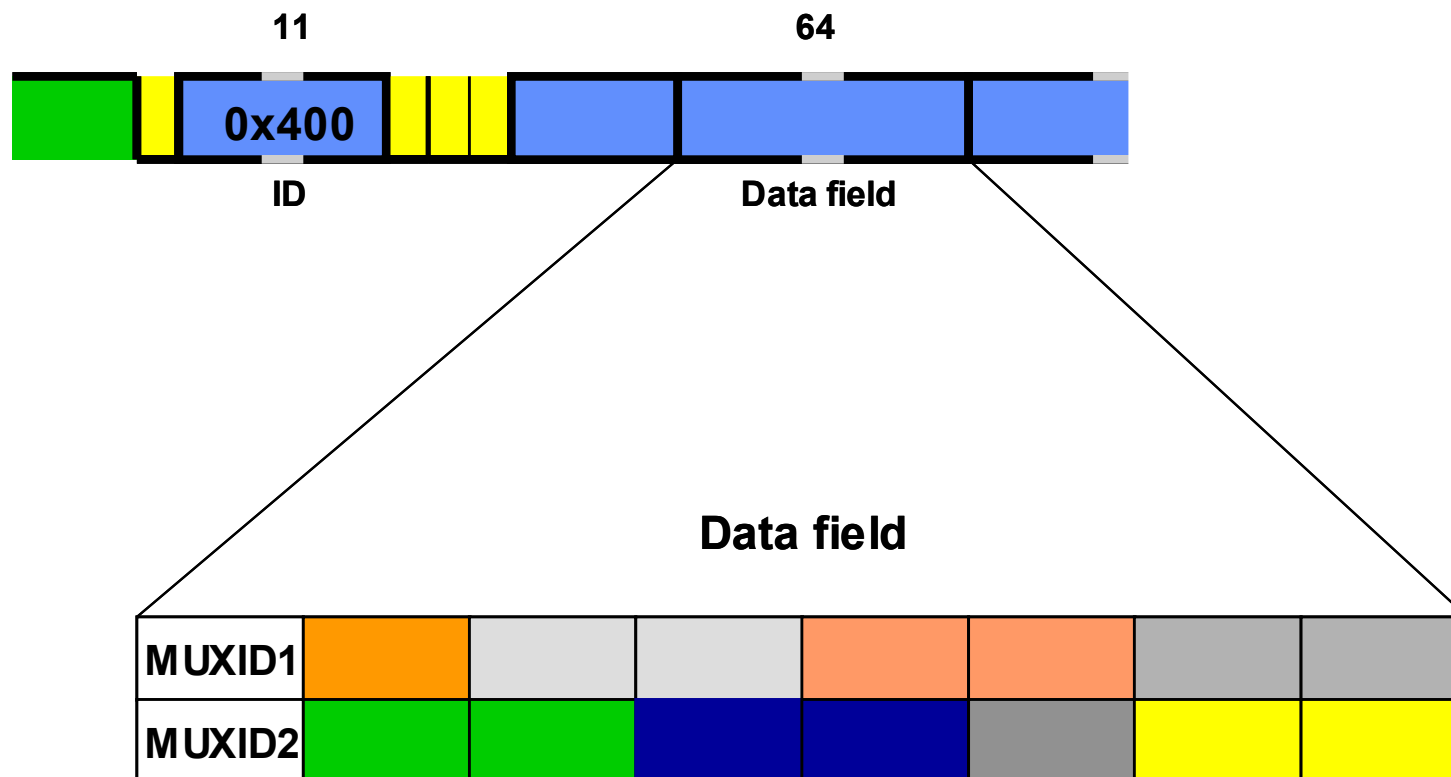
Message:
Wheel speed,
ID=0x420



Multiplexelés

- A vezérlőknek általában előre kiosztott CAN ID tartományuk van.
- Ha több információt szeretnénk kiküldeni, mint amennyire az ID-k alapján lehetőség van, akkor...
 - multiplexeljünk,
 - használjuk az adatterület első bitjeit ID-nek!

Multiplexed message



CAN adatbázis/mátrix

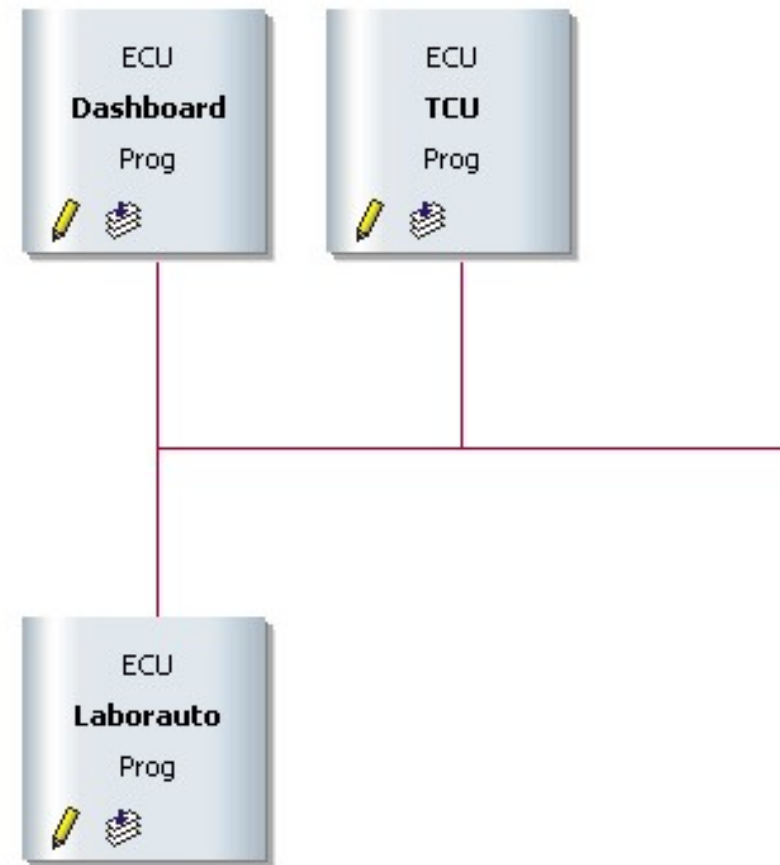
CAN adatbázis és mátrix

- **CAN adatbázis (CANdb):**
 üzenetek és signalok összessége
- Autógyár- és autóverzió-specifikusak.
- **CAN mátrix:** adatbázis + küldő/fogadó ECU-k

CAN matrix: példa

■ Vector CANdb editor

- 4 üzenet
- 5 signal



Signals/Node	TCU	Laborauto	Dashboard
~ accelerator_pedal	AcceleratorPedal_Coolant (0x380)	<Tx> AcceleratorPedal_Coolant (0x380)	
~ coolant_temp	AcceleratorPedal_Coolant (0x380)	<Tx> AcceleratorPedal_Coolant (0x380)	AcceleratorPedal_Coolant (0x380)
~ Gear_state	<Tx> Gear (0x440)	Gear (0x440)	
~ speedometer		<Tx> Dashboard (0x5A0)	Dashboard (0x5A0)
~ tachometer	MotorParameter (0x280)	<Tx> MotorParameter (0x280)	MotorParameter (0x280)

Magasabb rétegek

Alkalmazási réteg

■ Ipari alkalmazásokhoz

- CAL CAN in Automation (CiA)
- CANopen CAN in Automation (CiA)
- DeviceNet Allen Bradley–Rockwell
- CAN Kingdom Kvaser
- SDS Honeywell
- ...

■ Autós alkalmazásokhoz

- OSEK/VDX OSEK
- J 1939 SAE
- ...

CAN fejlesztőeszközök



Méréstechnika és
Információs Rendszerek
Tanszék

- A legnépszerűbb autóipari beszállító.
 - Bosch-ból vált ki anno.
- Pl. a következő cégek használják az eszközeiket:
 - Bosch
 - Continental
 - Knorr-Bremse
 - ThyssenKrupp
- Nagyon drága: millió forint körüli licencek a legegyszerűbb termékekre is.

PCI-os és PCMCIA-os eszközök

- PCI, PCIe alapú
 - Régebbi CAN Board család
 - Különböző piggy megvalósítások
 - Jelenleg VN1530/VN1531



USB-s eszközök

- VN1600 család
 - A nagyobb eszközöknél a funkciók ugyanúgy piggy kártyákkal megadva
- Bonyolultabb eszközök már FlexRay-jel is



Stand alone működésre is képes eszközök

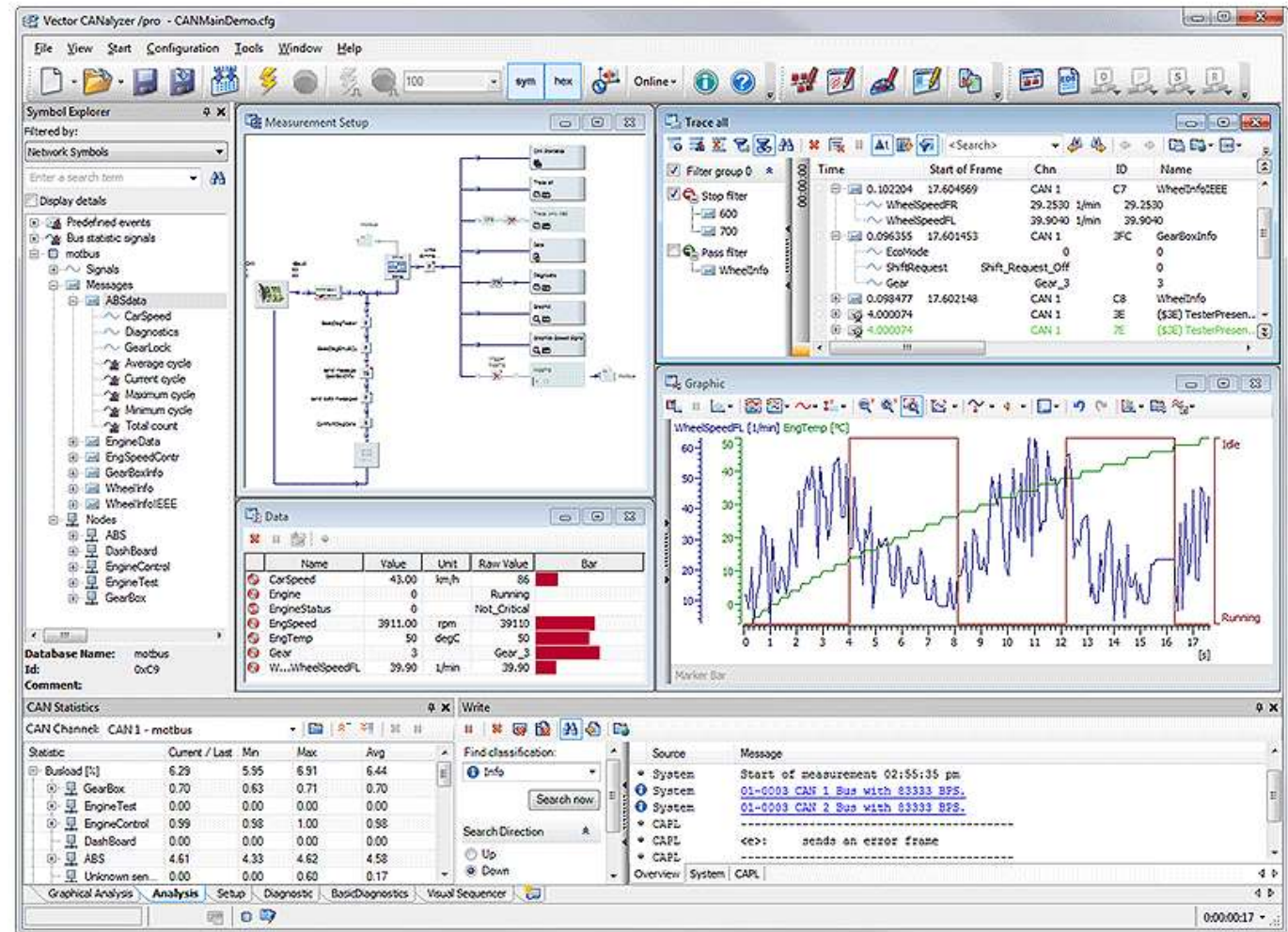
- VN8900 család
 - Funkciók ugyanúgy piggy-kártyákkal megadva
- Intel Atom processzorral, amivel képes stand alone működésre



Vektor software

■ Vektor CANalyzer

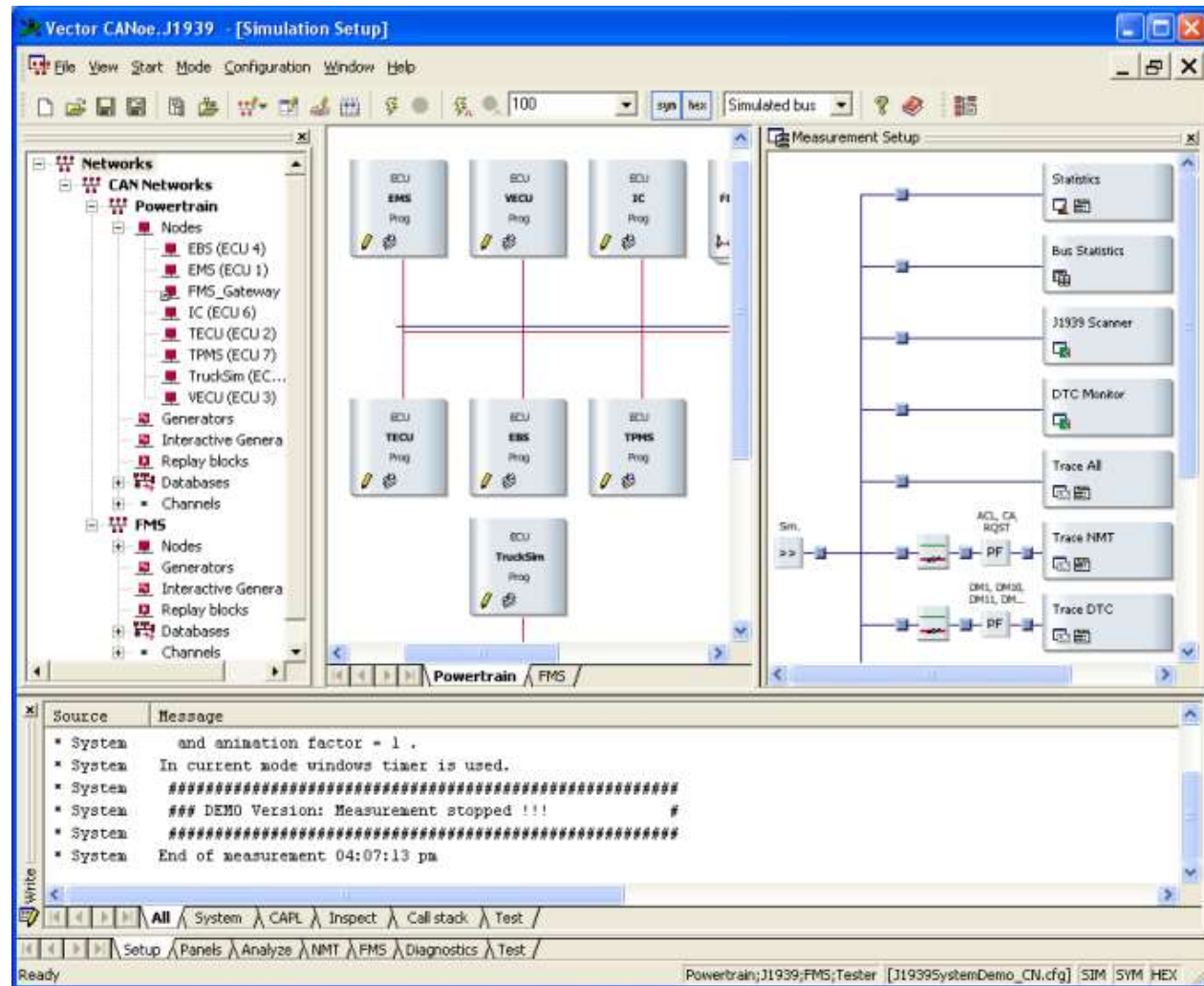
- 1992-től
- CANdb
- CAPL



Vektor software

■ Vektor CANoe

- CANdb
- CAPL
- Test



- Communication Application Programming Language
 - C jellegű esemény vezérelt nyelv
 - Szoros kapcsolatban az adatbázissal
 - Használható CANalyzer, CANoe környezetben