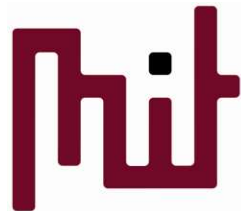


# Autóipari kommunikációs hálózatok

## Autóipari kommunikációs hálózatok

Dr. Tóth Csaba, Scherer Balázs



Méréstechnika és  
Információs Rendszerek  
Tanszék

# Oktatók

- Scherer Balázs:  
[scherer@mit.bme.hu](mailto:scherer@mit.bme.hu)



- Kovácsházy Tamás:  
[khazy@mit.bme.hu](mailto:khazy@mit.bme.hu)



# Követelmények, időbeosztás

- Félévközi jegy: 2 db. 45 perces Zh, mindkettő 20 pontos, végső jegy a 2 ZH pontjainak összege alapján.

Hét	Dátum	Oktató	Téma
1.	09.04.	SB	Bevezetés, CAN 1
2.	09.11.	SB	CAN 2
3.	09.18.	SB	CAN 3
4.	09.25.	SB	LIN 1
5.	10.02.		(Schönherz kupa)
6.	10.09.	SB	LIN 2
7.	10.16.	SB	1. ZH, Flexray 1
8.	10.23.		(Október 23.)
9.	10.30.	SB	FlexRay 2
10.	11.06.	SB	Diagnosztika
11.	11.13.	KT	Autóipari Ethernet 1
12.	11.20.	KT	Autóipari Ethernet 2
13.	11.27.	KT	Autóipari Ethernet 3
14.	12.04.	SB	2. ZH, Pótzárthelyi

# Autóipari kommunikációs hálózatok

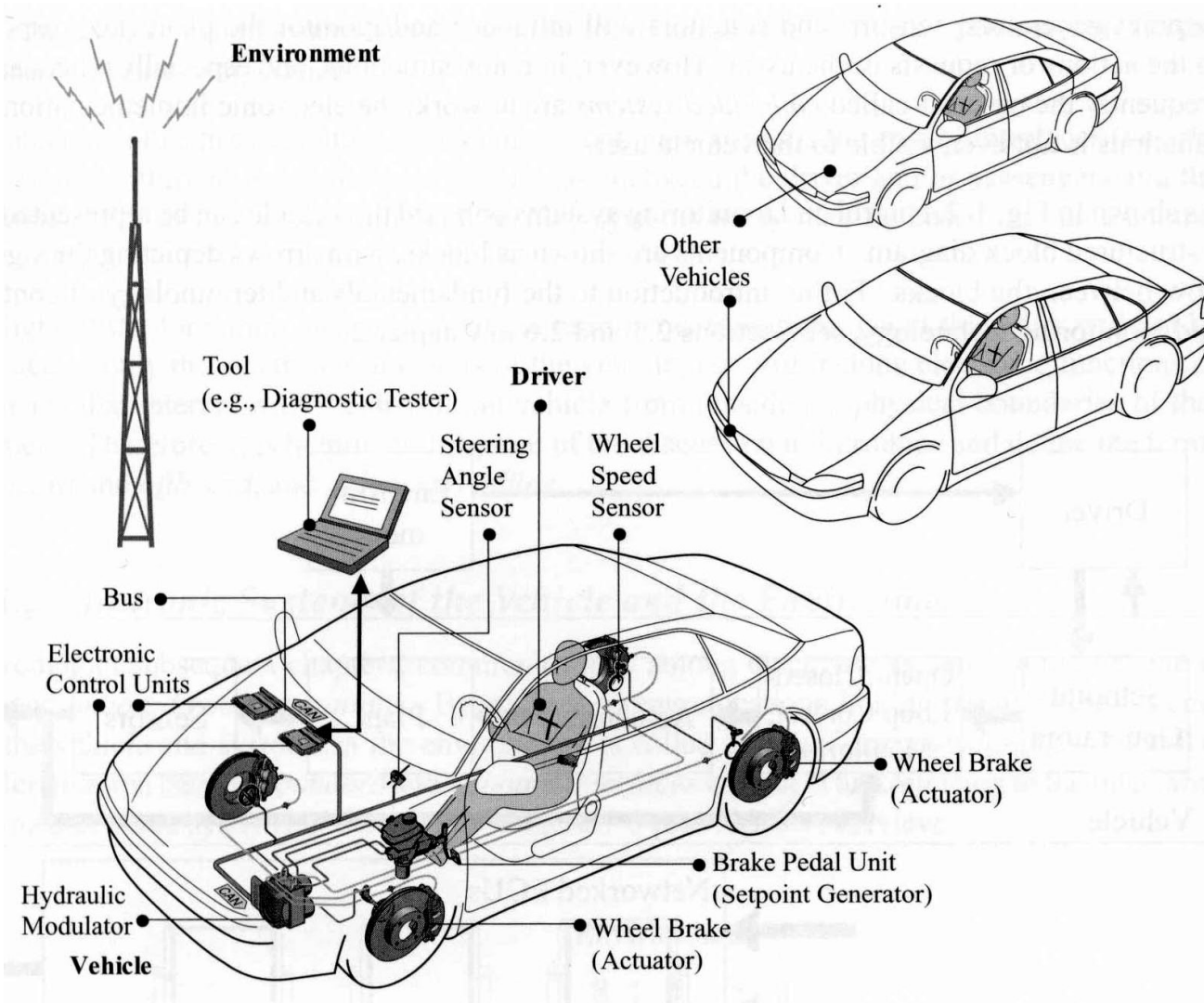
## Autóipari kommunikációs hálózatok

Dr. Tóth Csaba, Scherer Balázs



Méréstechnika és  
Információs Rendszerek  
Tanszék

# A vezető–autó–környezet által alkotott rendszer

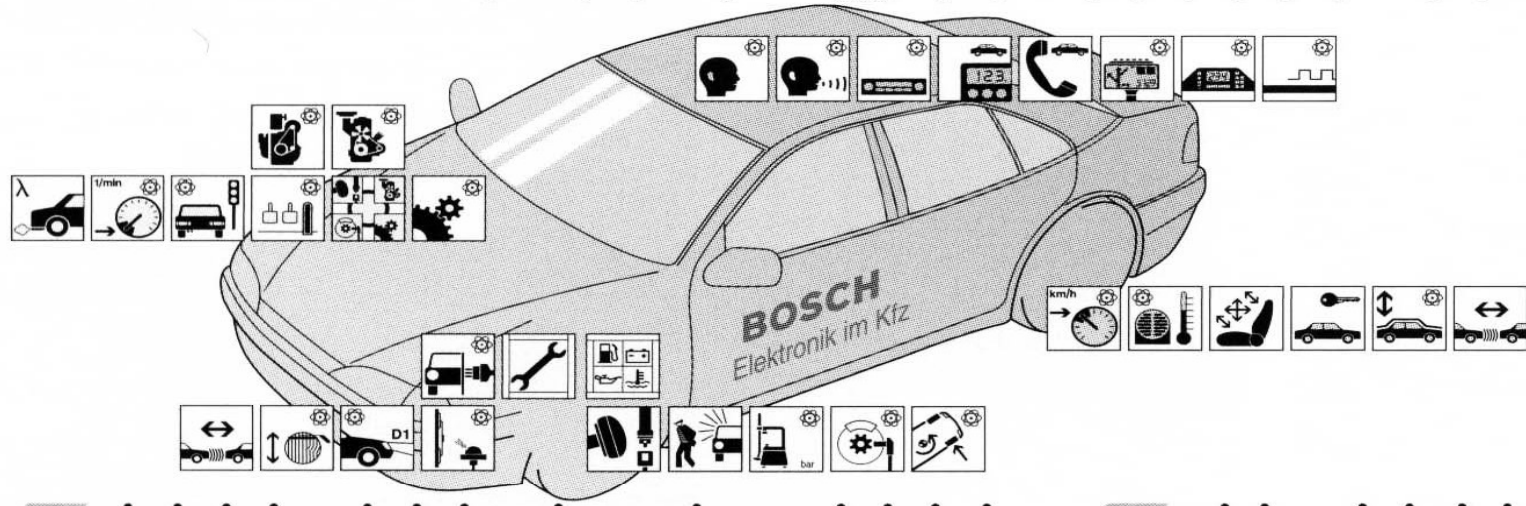


### Drivetrain

- Digital engine management: gasoline engine: Motronic
- Diesel engine: Electronic diesel control (EDC) with electronically controlled fuel injection, electronic ignition (gasoline engine), Lambda exhaust-emission control boost-pressure control, etc.
- Electronic transmission-shift control
- On-board transmission-Controller diagnosis (OBD) (CAN)
- System diagnosis

### Communication

- Electronic voice output (speech control of functions)
- Audio recognition
- Video
- On-board equipment (radio, CD, etc.)
- Car phone
- Navigation
- New display technologies (head-up display)
- Internet and PC
- Bus system (e.g. CAN)
- System diagnosis



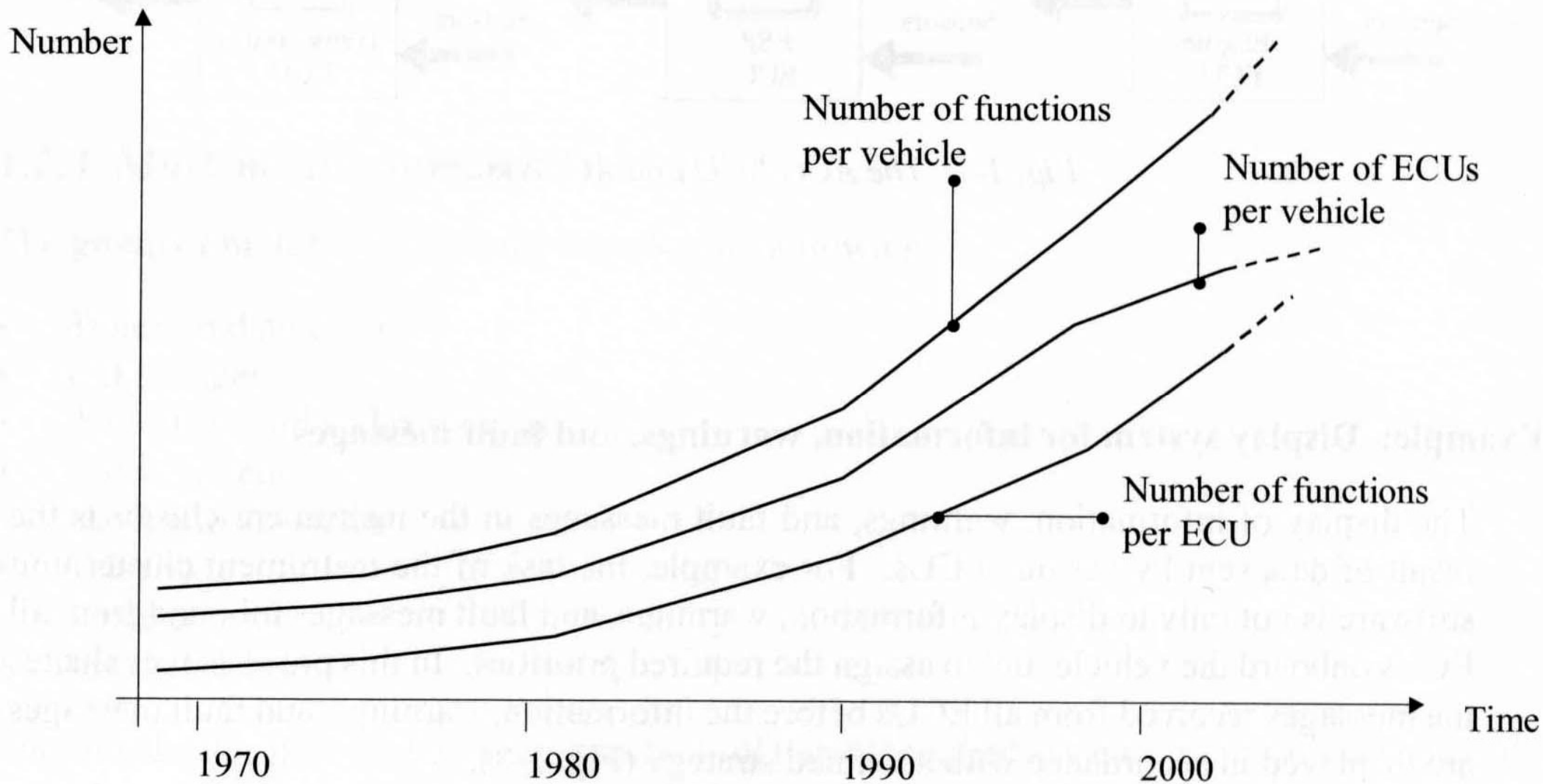
### Safety

- Antilock braking system (ABS)
- Traction control system (TCS)
- Electronic stability program (ESP)
- Headlamp adjustment and cleaning
- Litronic
- Wash-wipe control
- Individualised service interval display
- Monitoring systems for consumables and wearing parts
- Triggering systems for airbags, seatbelt tensioners and roll-over bar
- Vehicle security systems
- Tire-pressure monitoring
- Controller Area Network (CAN)
- System diagnosis

### Comfort and convenience

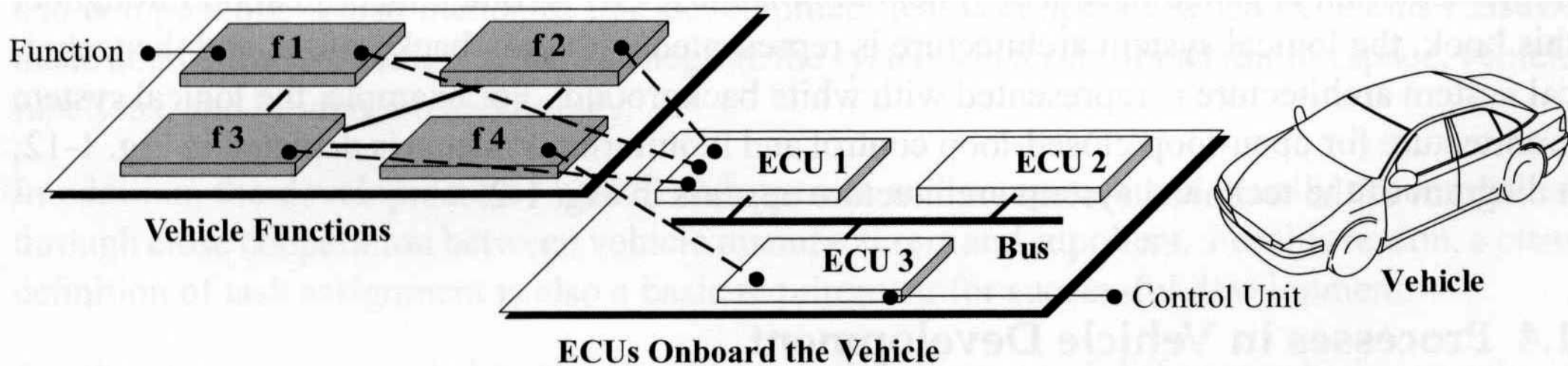
- Cruise control
- Adaptive cruise control (radar sensor)
- Heating and air-conditioning
- Seat adjustment with position memory
- Central locking
- Adaptive suspension
- Reversing assistance
- Controller Area Network (CAN)
- System diagnosis

# Az ECU-k és funkciók számának növekedési trendje



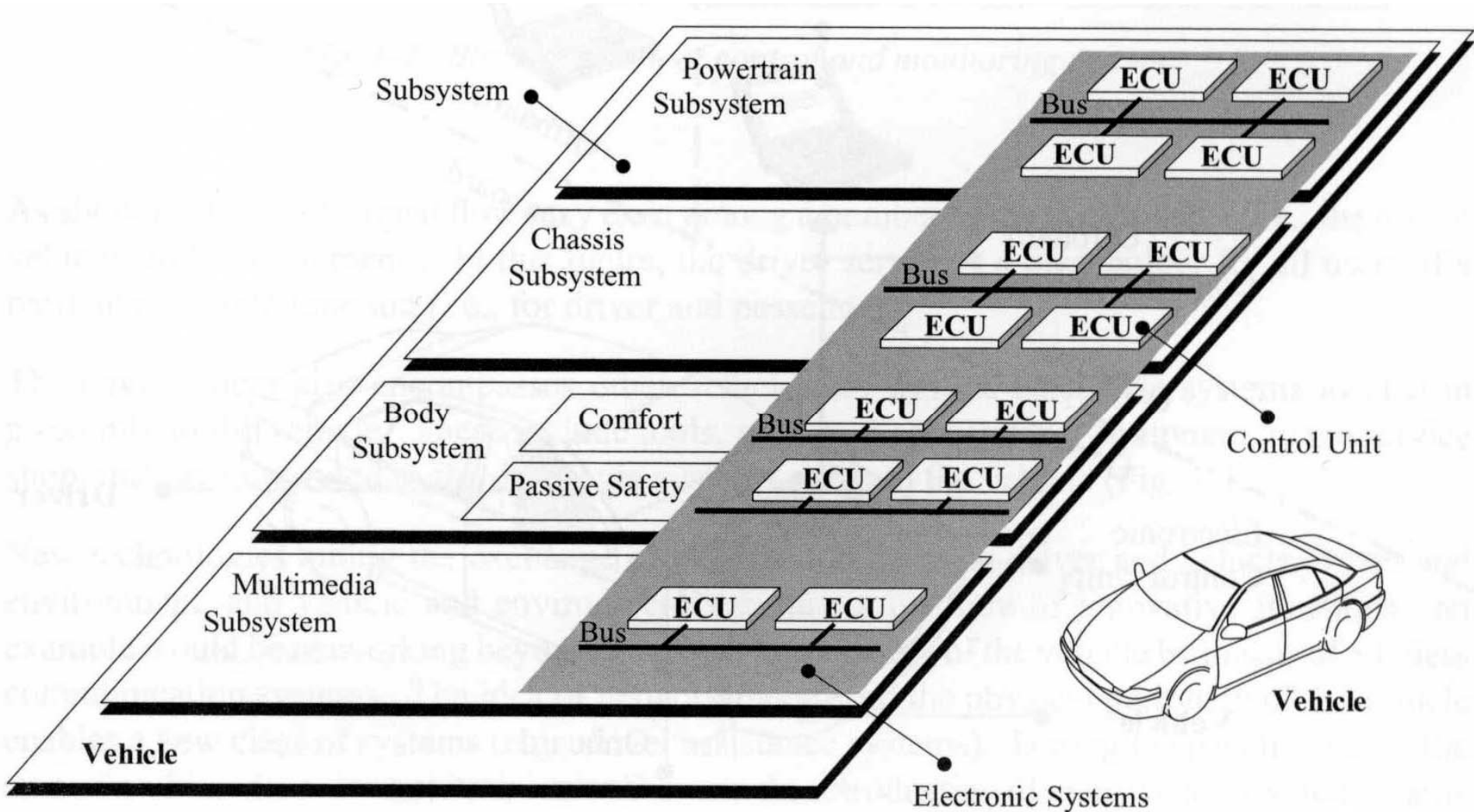
# Logikai rendszerarchitektúra

- Aspektusok (nézőpontok):
  - absztrakt (logikai)
  - konkrét (technikai)

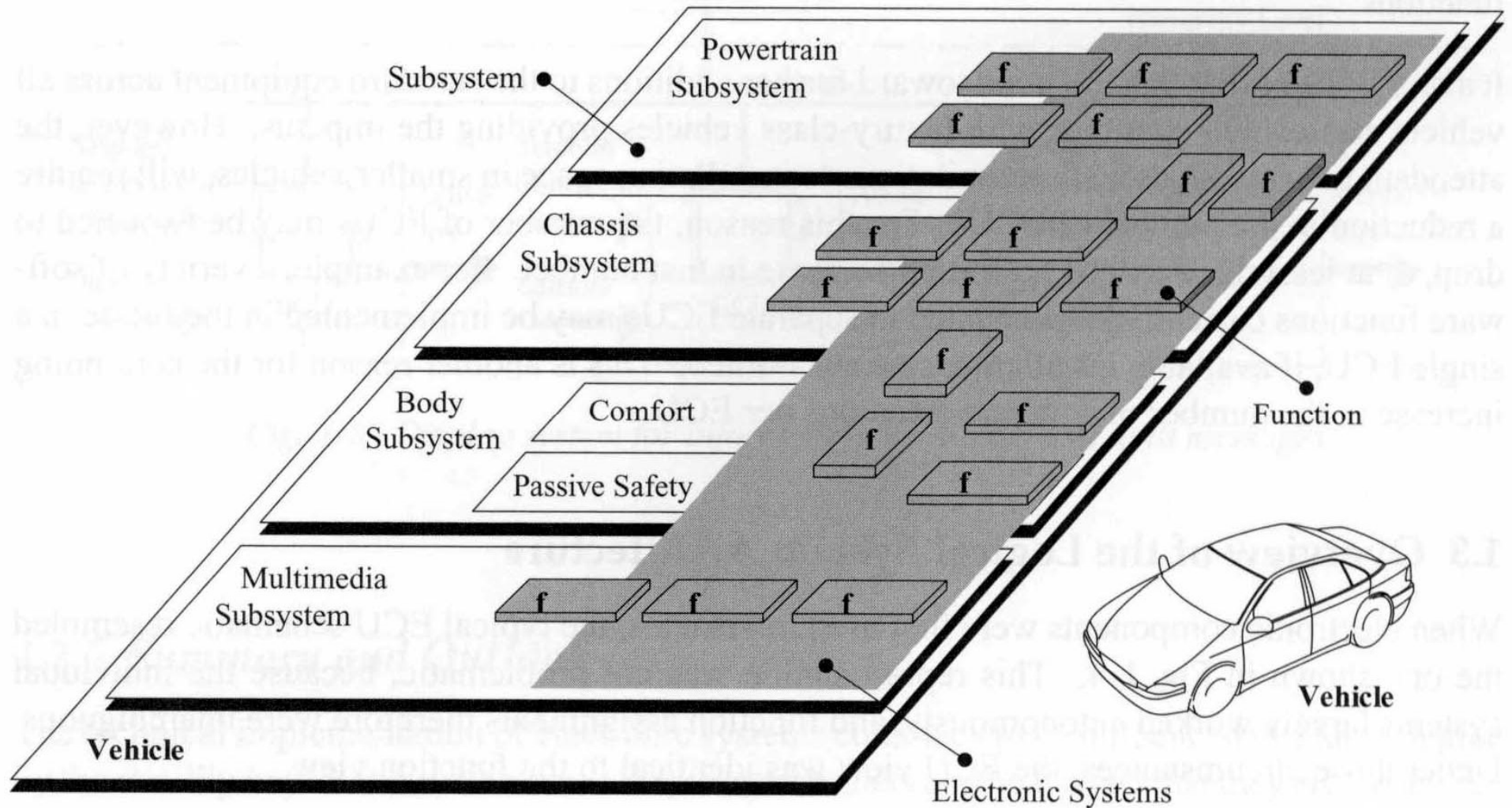




# Funkciók szeparált, autonóm megvalósítása



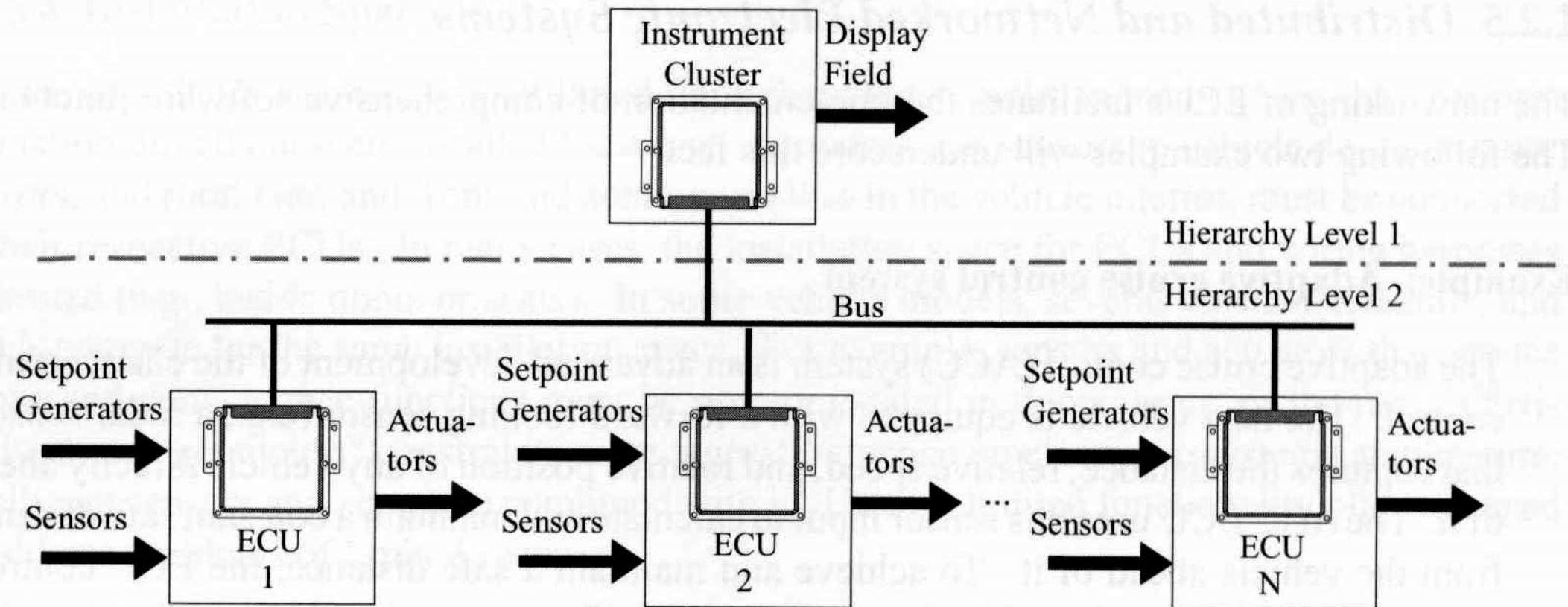
# Funkciók elosztott megvalósítása



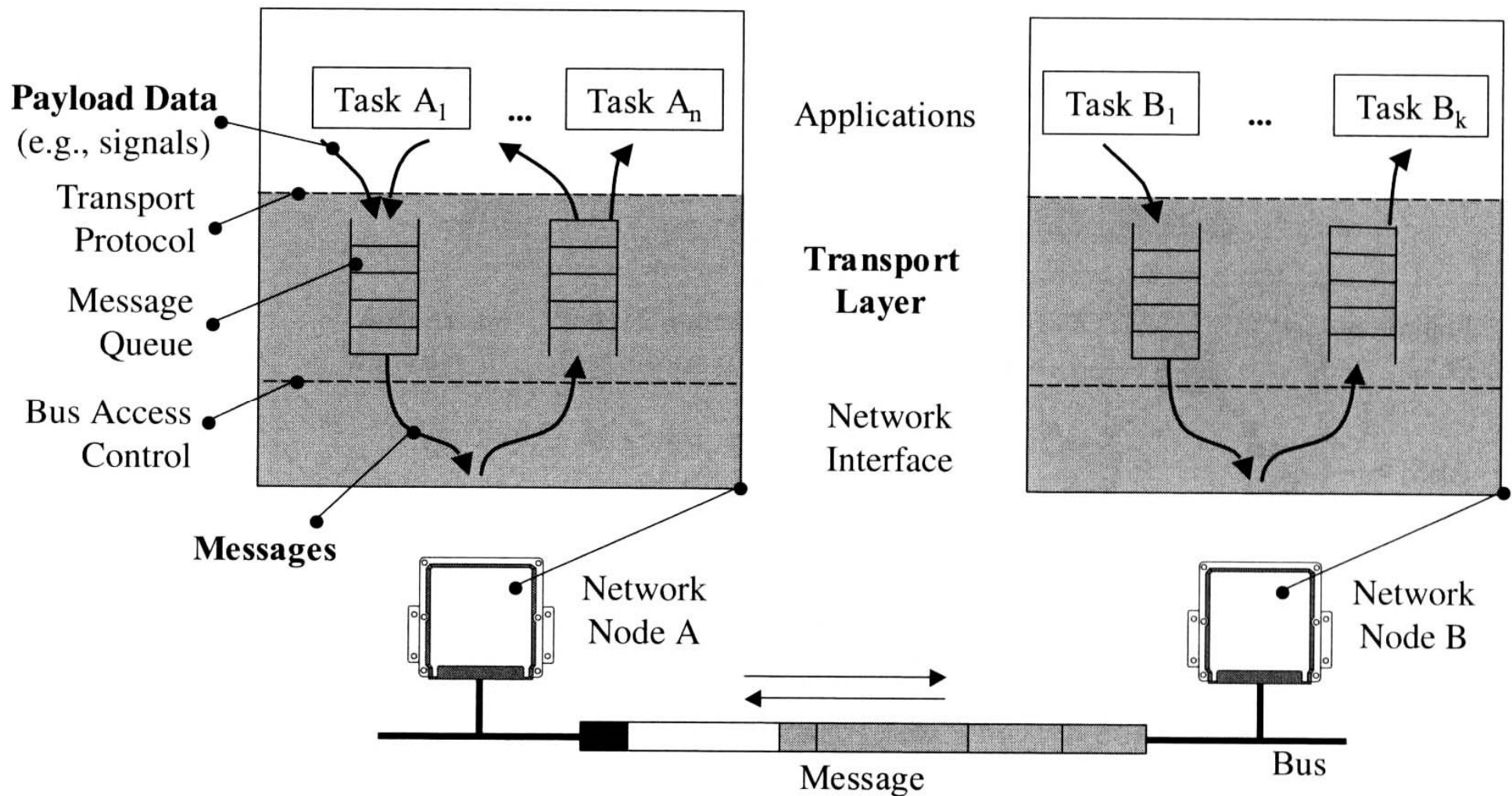
# Kommunikáció

- **Eltérő követelmények:**
  - **ECU-k között (pl. CAN, LIN, FlexRay)**
  - **autón belüli multimédia**
  - **vezető és távoli környezet között**
  - **autó és közeli környezet között**

# ECU-k közötti kommunikáció



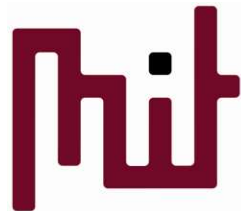
# Kommunikációs modell



# Kommunikációs hálózatok alapjai

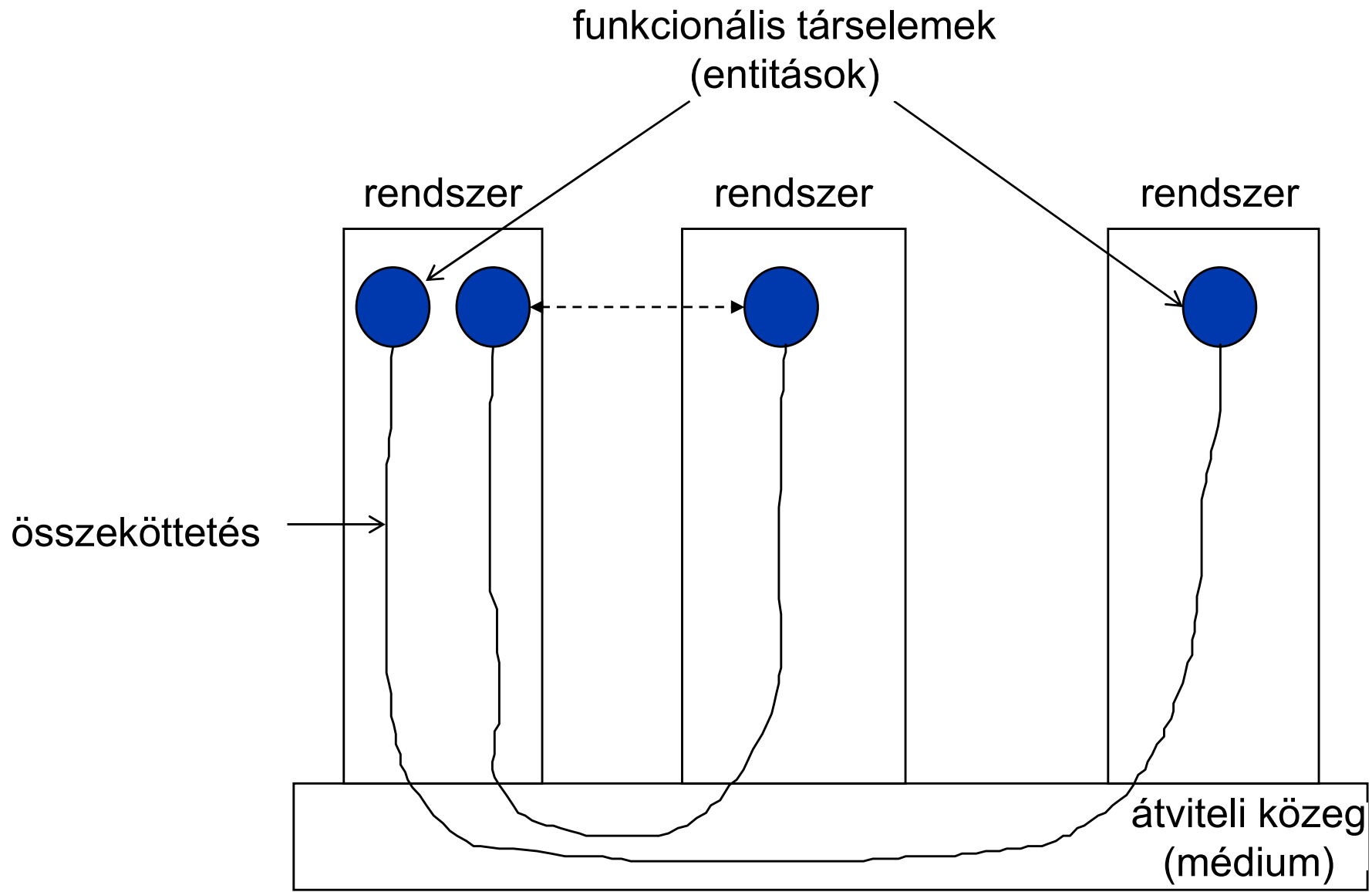
## Autóipari kommunikációs hálózatok

Dr. Tóth Csaba, Scherer Balázs

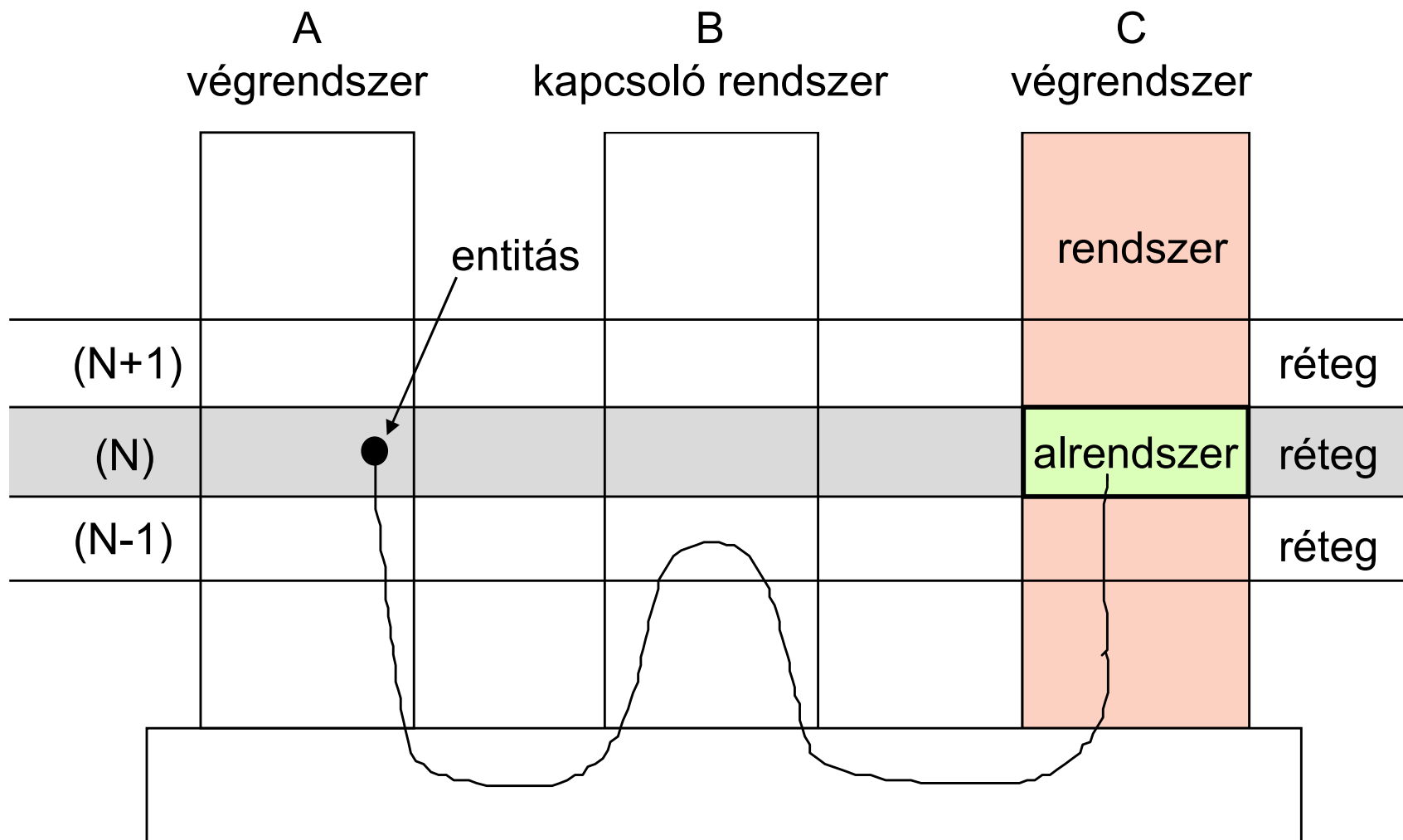


Méréstechnika és  
Információs Rendszerek  
Tanszék

# Rendszer, entitás, összeköttetés

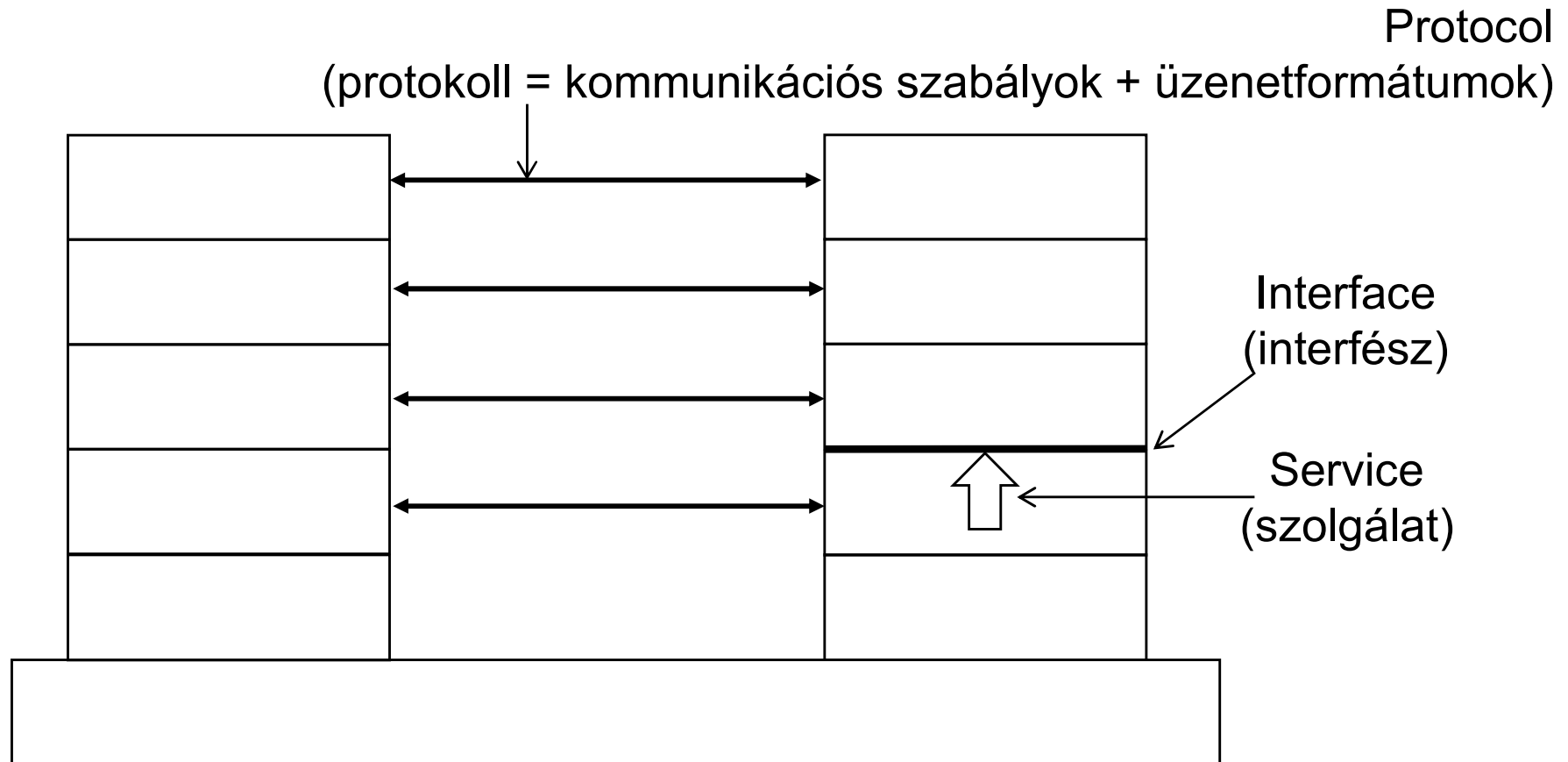


# Réteg, rendszer, alrendszer





# Protokoll, interfész, szolgalat, architektúra



# Protokoll (Protocol)

- A funkcionális társlemek közötti kommunikáció formáját és jelentését adja meg.
- Másként: egy rétegen belül a kommunikációs szabályok és üzenetformátumok összessége.
- Minden réteghez más és más protokoll tartozik.

# Architektúra (Architecture)

- A rétegek és protokolljaik együttese.
- Megadja, hogy egy rendszer
  - milyen rétegekből áll,
  - az egyes rétegekhez milyen protokollok tartoznak.
- Példa: Ethernet architektúra
  - Rétegek: az OSI RM szerinti alsó másfél réteget valósítja meg
    - fizikai réteg (PHY)
    - adatkapcsolati réteg (DLC) közeg-hozzáférési alrétege (MAC)
  - A rétegek protokolljai: az Ethernet szabvány szerinti protokollok.

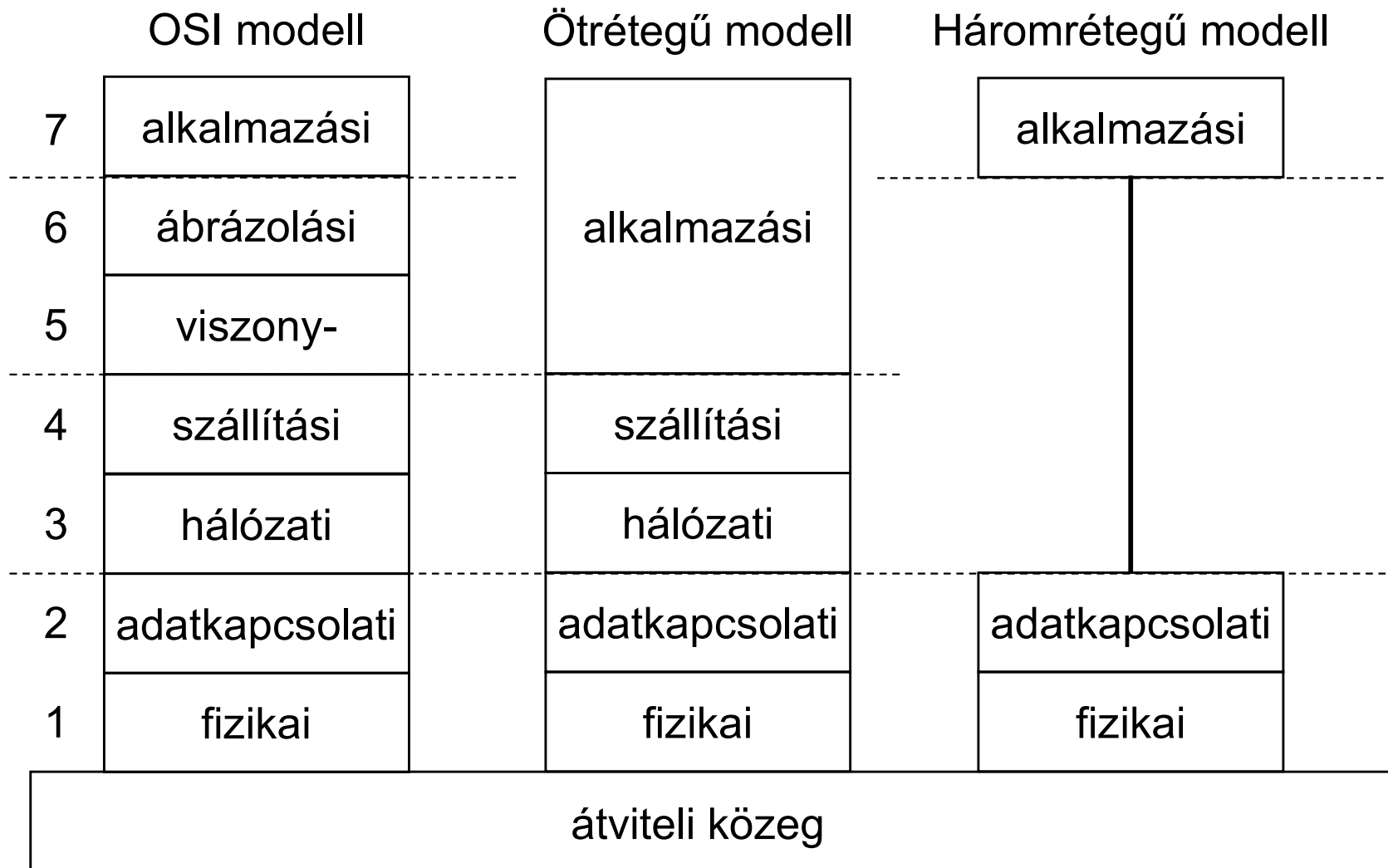
# Interfész (Interface)

- OSI értelemben az interfész más, mint a hétköznapi műszaki gyakorlatban.
- OSI interfész:
  - Egy rendszeren belül a réteghatárokat nevezi interfésznek.
  - A rendszer „belügye”, kívülről nem látszik.
- Kommunikációs (nem OSI) interfész:
  - Fizikailag megvalósított csatlakozási felület, pl. RS-232.

# Összeköttetés szolgálatok

- Összeköttetés alapú szolgálatok (sorrendtartó)
  - Megbízható (van nyugta)
    - Üzenetsorozat (megmaradnak az eredeti üzenethatárok)
    - Byte-folyam (nem maradnak meg az eredeti üzenethatárok)
  - Megbízhatatlan (nincs nyugta)
- Összeköttetés nélküli szolgálatok (nem feltétlenül sorrendtartó)
  - Datagram (nincs nyugta)
  - Nyugtázott datagram (analógia: térbeli vevényes postai levél)
  - Kérdés-felelet (pl. adatbázis-lekérdezés)

# Rétegmodellek: nem OSI modellek



# Fizikai réteg

- Bitfolyam adása, vétele
- Mechanikai jellemzők
  - Csatlakozók
- Elektromos jellemzők
  - Bitek ábrázolása (hány V, hány ms stb.?)
  - Csatornakódolás
  - Bithatárok kijelölése, detektálása, bitszinkronizáció
  - Moduláció
- Funkcionális jellemzők
- Eljárási jellemzők
- Tipikus villamosmérnöki feladatok

# Adatkapcsolati réteg

- Keretek (látszólagos) hibamentes továbbítása
  - Keretezés
  - Címzés (cél- és forráscím)
  - Transzparens átvitel
  - Hibakezelés
    - Hibadetektálás (paritás, CRC, hosszellenőrzés stb.)
    - Hibajavítás (nyugta, újraadás stb.)
  - Forgalm szabályozás
  - Csatorna-hozzáférés vezérlése (pl. CSMA/CD)
- MAC és LLC alrétegek
- A kapcsolat jellege: pont–pont vagy üzenetszórás (broadcast)



# Hálózat réteg

- Forgalomirányítás (útvonalak kijelölése)
  - Behuzalozott (pl. klasszikus bérelt vonal)
  - Ritkán változtatható (pl. szemipermanens ISDN)
  - Dinamikusan változó (pl. Internet)
- Torlódások és holtpont (deadlock) elkerülése
- Számlázáshoz szükséges adatok
  - (Pl. az átvitt adatmennyiség számolása)
- Eltérő hálózatokon keresztüli útvonal
  - (Pl. címtranszformációk, darabolás, újraegyesítés)

# Szállítási réteg

- A kommunikációs alhálózat eltakarása: hibamentes végpont–végpont kapcsolat
- Darabolás, újraegyesítés...
- Több párhuzamos kapcsolat (pl. Link Aggregation)
- Kapcsolattípusok
  - Hibamentes, sorrendhelyes kapcsolat
  - Nem sorrendhelyes továbbítás
  - Csoportoknak küldött üzenetek

# Viszonyréteg

- Viszony (kapcsolat) létesítése
  - Belépési jogosultságok ellenőrzése
  - Paraméterek egyeztetése
- Alkalmazások közötti párbeszéd szervezése
- Kölcsönhatás-menedzselés (token management, kölcsönös kizárás)
- Szinkronizáció, szinkronizációs pontok a műveletsorokban, tranzakció-kezelés
- Ritkán használják.

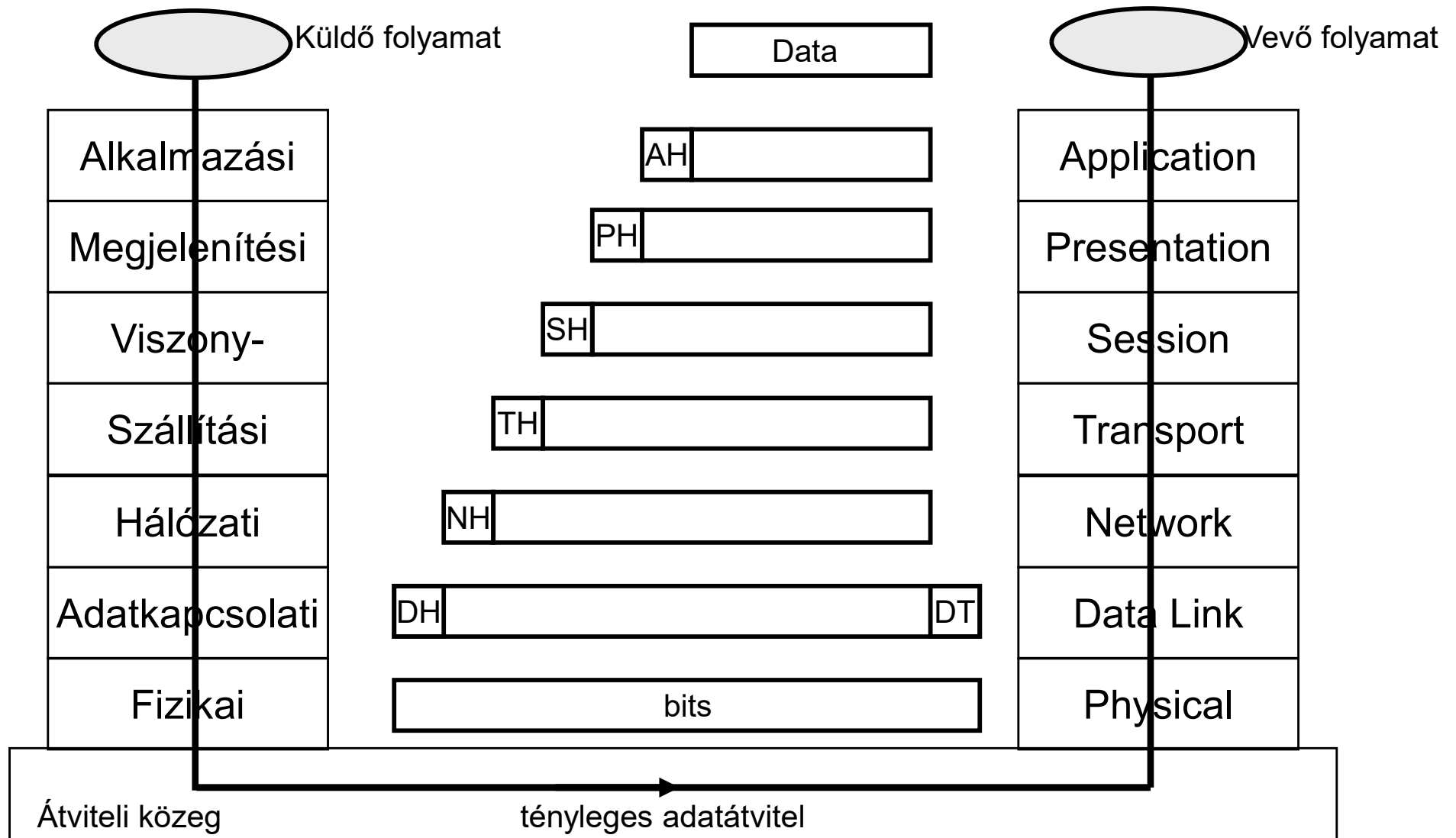
# Megjelenítési réteg

- Konverziók különböző adatformátumok között
- Adattömörítés
- Kriptográfia, titkosítás
  - Más rétegben is megvalósítható a titkosítás.
- Ritkán használják.

# Alkalmazási réteg

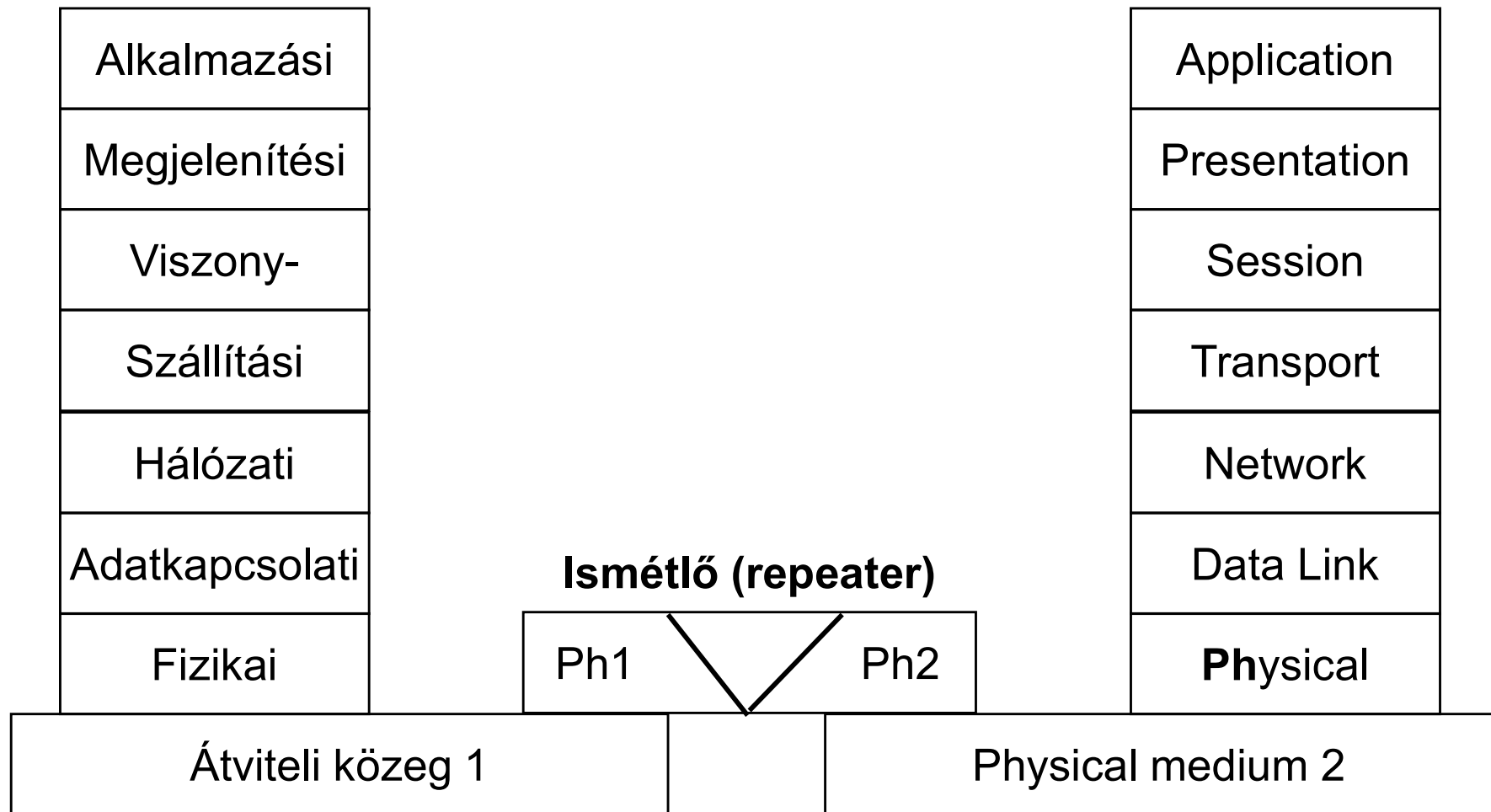
- Hálózati alkalmazások
  - (A felhasználói alkalmazások e fölött vannak!)
- Gyakori hálózati szolgáltatások
  - Elektronikus levelezés (e-mail)
  - Állománytovábbítás (file transfer, pl. FTP)
  - Távoli terminálok elérése (pl. TELNET)
  - Hálózatmenedzsment (pl. SNMP)
  - Címtárszolgálat
  - Stb.

# Adatátvitel az OSI modellben

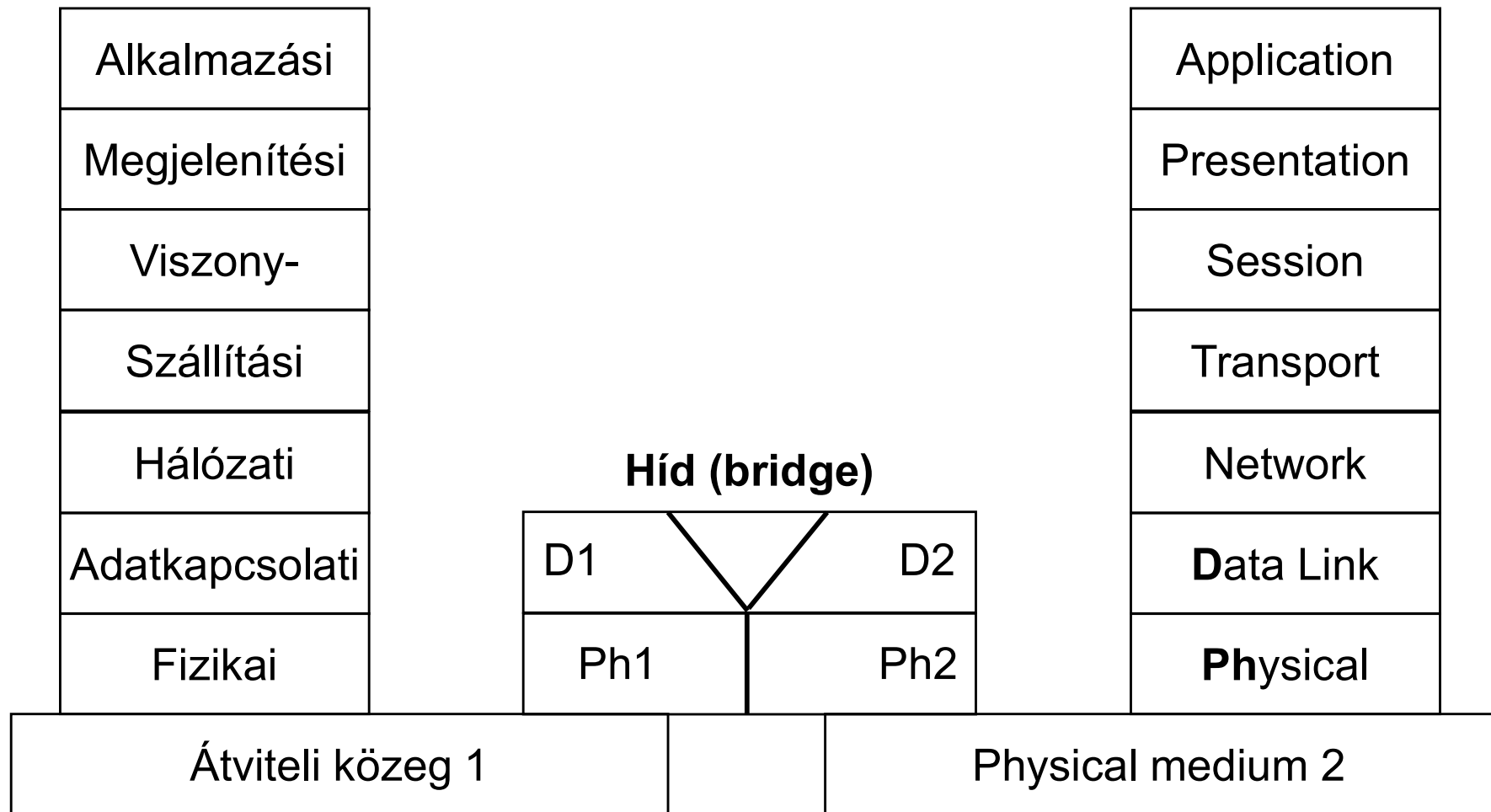


H = Header (fejrész) T = Trailer (farokrész)

# Rendszerek összekapcsolása 1

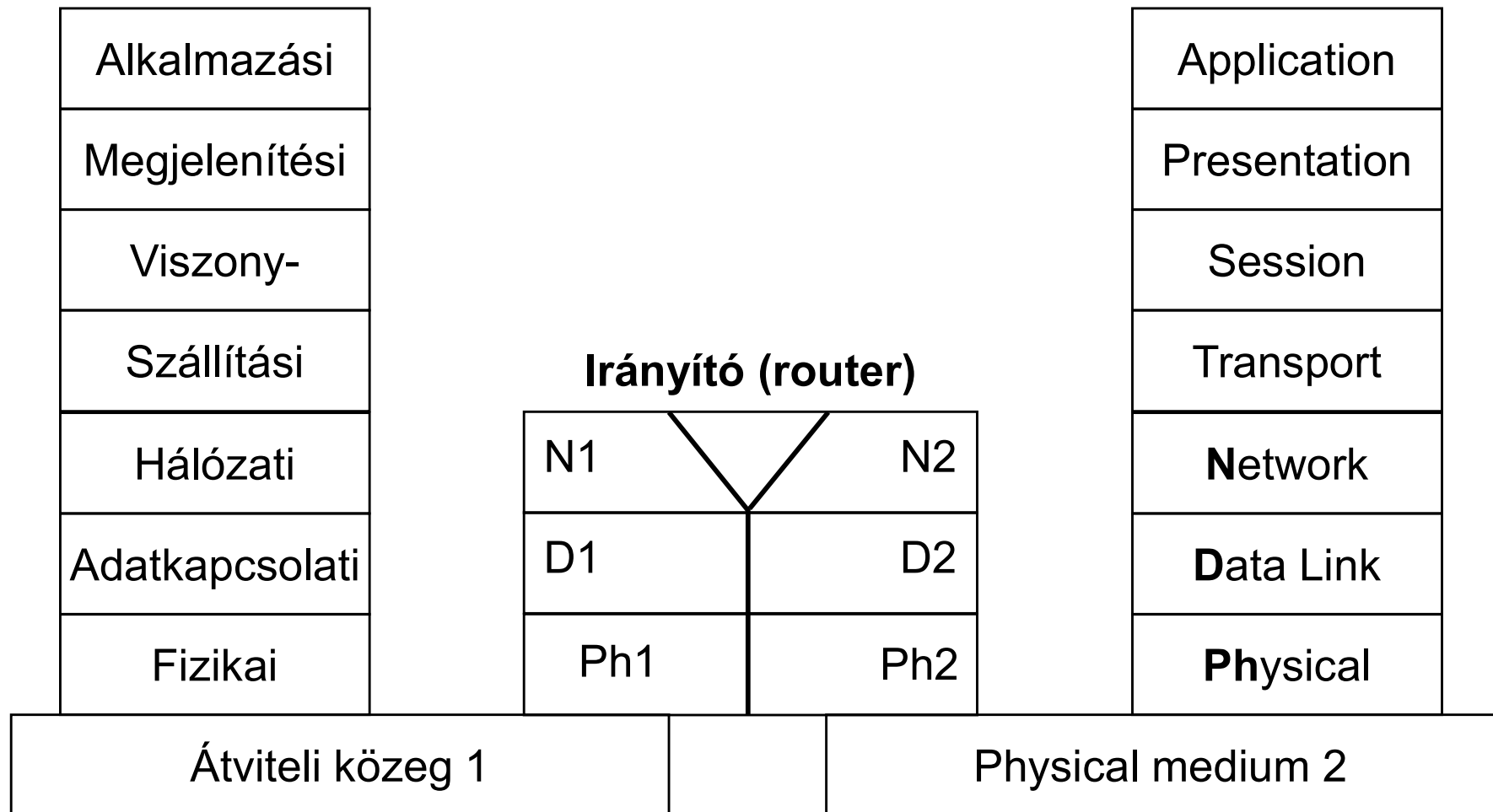


# Rendszerek összekapcsolása 2

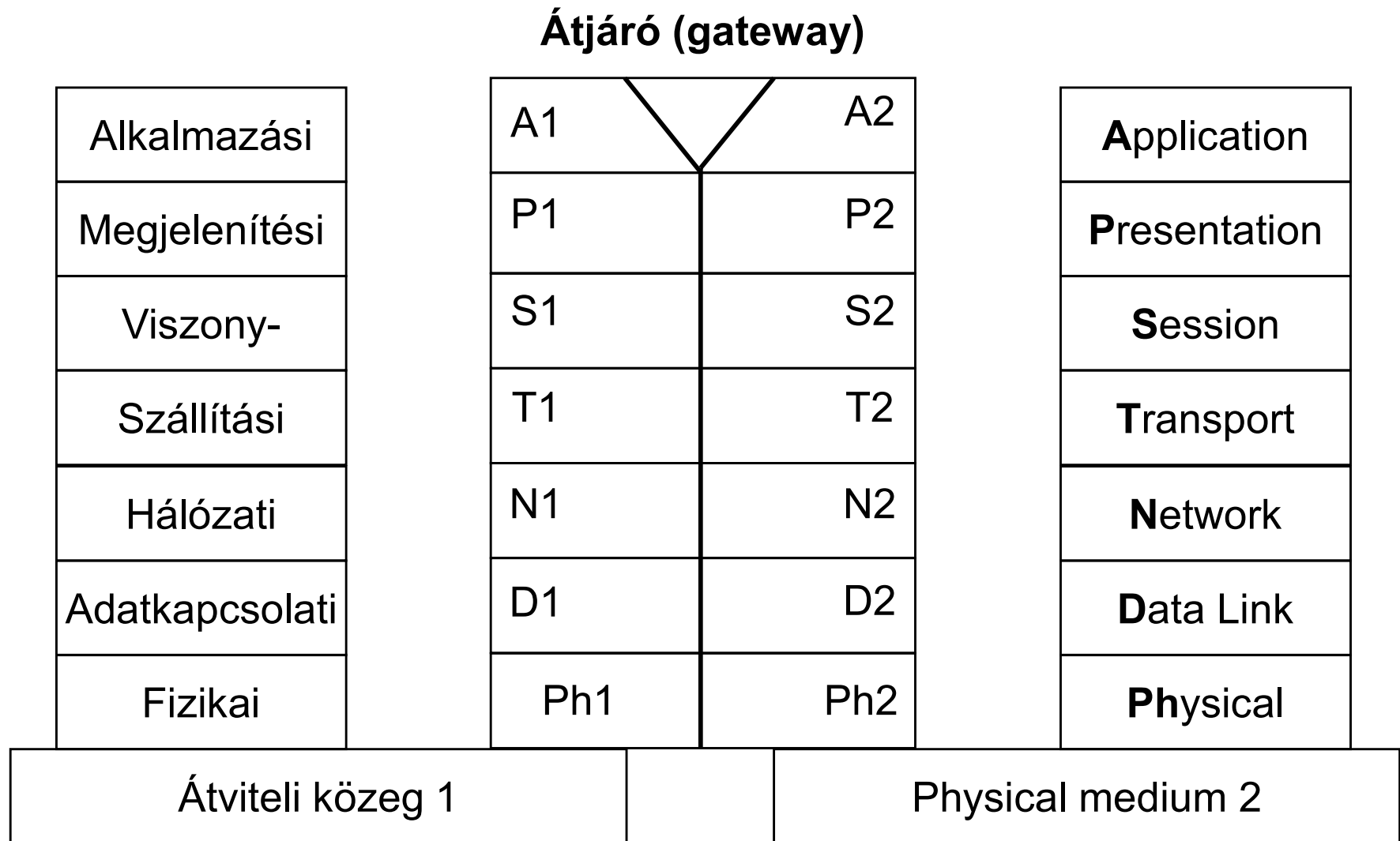




# Rendszerek összekapcsolása 3



# Rendszerek összekapcsolása 4

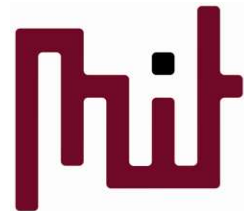


# CAN

## Controller Area Network

### Autóipari kommunikációs hálózatok

Dr. Tóth Csaba, Scherer Balázs



Méréstechnika és  
Információs Rendszerek  
Tanszék

# Számítógép-hálózatok

- WAN
- MAN
- LAN
  - Field bus
    - CAN
    - LIN
    - ...
  - ...

# Ipari buszok jellemzői

- Rövid üzenetek (néhány byte)
- Kevés node-szám ( $N \times 10$  db)
- Kis távolság (10–100 m)
- Nem túl nagy adatsebesség (0,01–1 Mbit/s)
- Megbízható
- Egyszerű
- Olcsó

# LAN-ok és ipari buszok

## Field-bus

- Korlátos erőforrások
- Centralizált vagy elosztott működés
- Kis távolság
- A node-ok pozíciója ismert.
- A küldetés egésze a fontos.
- A címek és a tartalom közötti határ elmosódik.

## LAN

Bőséges erőforrások

Elosztott működés

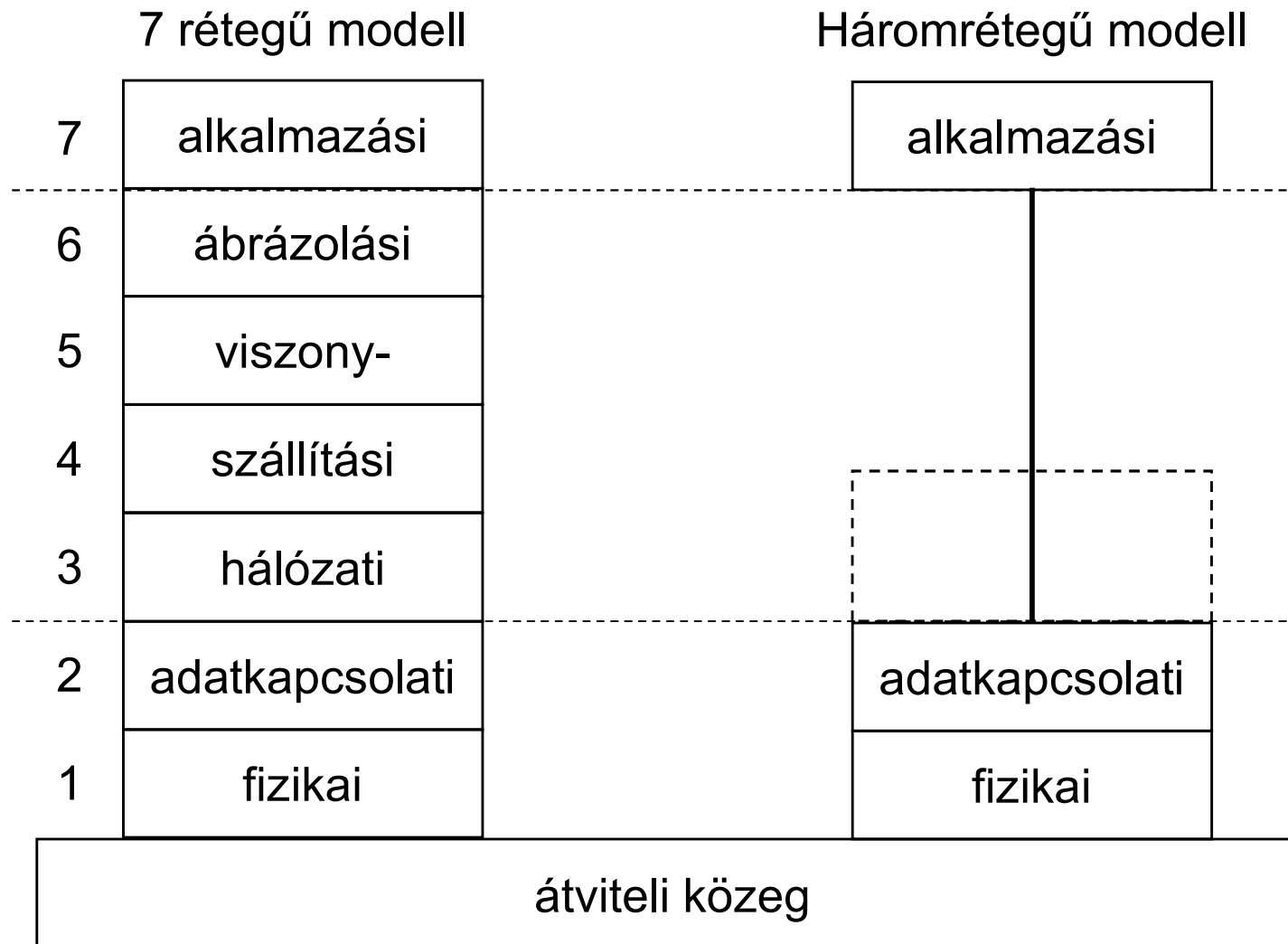
Nagy távolság

A node-ok pozíciója nem fontos.

*Fair* kiszolgálás

Cím és tartalom élesen elválik egymástól.

# Ipari busz – OSI modell



# CAN



# CAN field bus

- CAN = Controller Area Network
- Kitalálója: Robert Bosch GmbH (1983)
- Nemzetközi szabvány: ISO 11898 (1993)
- Alkalmazása:
  - Autókban
  - Készülékekben (pl. röntgen, CT, automaták, ipari berendezések)

# A CAN főbb jellemzői

- Busz topológia
  - Szórásos típusú hálózat: a hálózatra adott keretet mindenki veszi.
- Tetszőleges topográfia
  - Általában busz, pont-pont vagy csillag
- Többszörös hozzáférés
  - Nem destruktív ütközéskezelés (CSMA/CA)
- Egycímes keretformátum
  - A címnek inkább azonosító és prioritást meghatározó szerepe van.
- Fejlett hibadetektálás

# A CAN főbb jellemzői (folyt.)

- Nagy sebességű (high speed)
  - 0,125–1 Mbit/s, személyautókban jellemzően 500 kbit/s
- Kis sebességű (low- speed, fault-tolerant)
  - 10–125 kbit/s
- Távolság: kb. 40–500 m
  - Függ a sebességtől, topográfiától, átviteli közegtől.
- Többféle adatátviteli közeg, legtöbbször csavart érpár
- NRZ (Non-Return to Zero) bitkódolás  
bitbeszúrással és bitkiejtéssel (bit-stuffing)
- Rövid, változó hosszúságú keretek (0–8 byte hosszú adatmező)

# A CAN története évszámokban

- 1983 A Bosch elkezdte a fejlesztést.
- 1985 Az Intel beszáll a projektbe.
- 1986 Publikálják a CAN specifikációt.
- 1987 Megjelenik az első működő CAN chip.
- 1988 Kaphatók a CAN chipek.
- 1991 Extended CAN; Mercedes S-modell
- 1993 ISO 11898, nemzetközi szabvány
- 2001 TTCAN (Time-Triggered CAN)
- 2011 CAN FD (Flexible Data-Rate CAN)

# CAN szabványok – ISO 11898

ISO 11898-

**Road vehicles – Controller area network (CAN) –**

-1:2015 (Published) **Data link layer and physical signalling**

-2:2016 (Published) **High-speed medium access unit**

-3:2006 (Published; reviewed and confirmed in 2015) **Low-speed, fault-tolerant, medium-dependent interface**

-4:2004 (Published; reviewed and confirmed in 2013)

**Time-triggered communication**

-5:2007 (Withdrawn; → ISO 11898-2) **High-speed medium access unit with low-power mode**

-6:2013 (Withdrawn; → ISO 11898-2) **High-speed medium access unit with selective wake-up functionality**

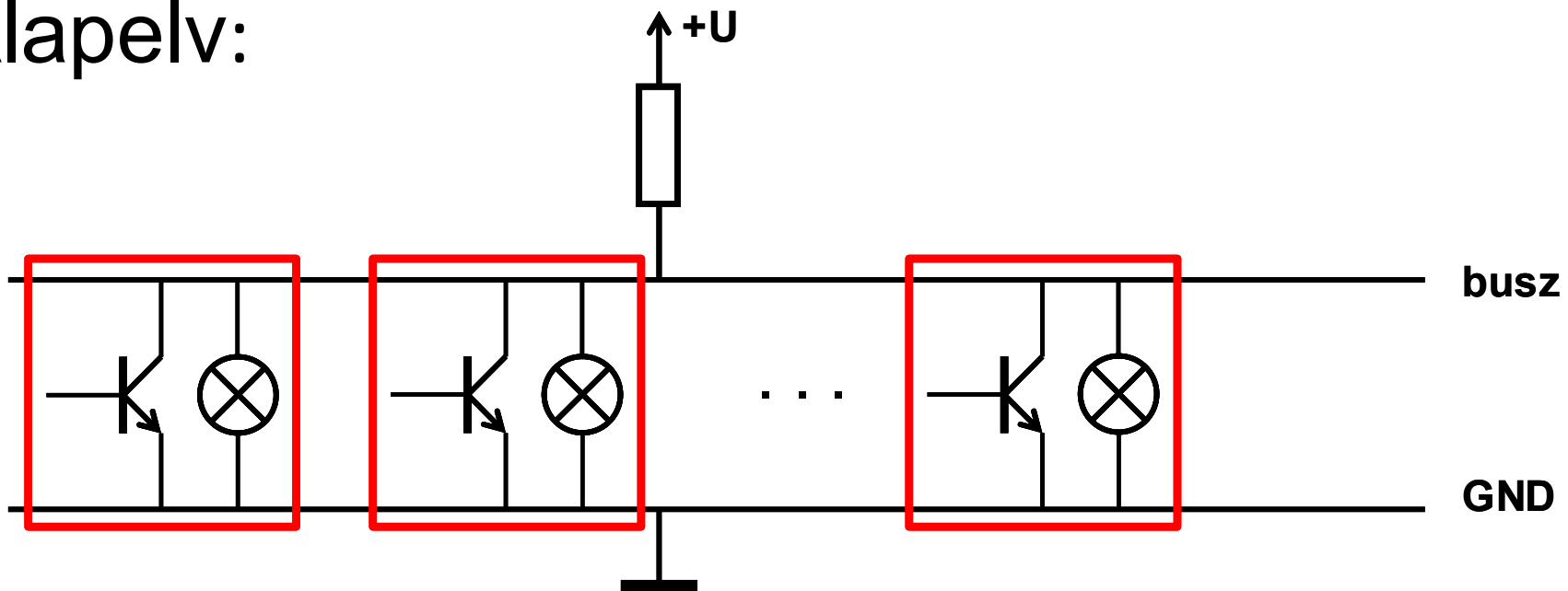
# CAN – Fizikai réteg (előzetes)

# Domináns és recesszív állapot

## ■ Jelállapotok:

- recessive (elengedett): 1
- dominant (meghúzott): 0

## ■ Alapelv:



# Arbitráció és prioritás

- Buszfigyelés: szabad / foglalt
- Az adó adás közben is figyeli a buszt
- Huzalozott ÉS kapcsolat
  - Ha az összes adó „r” (recessive) értéket ad, akkor a buszon is „r” érték van.
  - Ha bármelyik állomás „d” (dominant) értéket ad, a buszon „d” érték jelenik meg.
- Arbitráció: az első domináns bitet adó nyer
- Ütközés: nem destruktív
- Automatikus újraadás

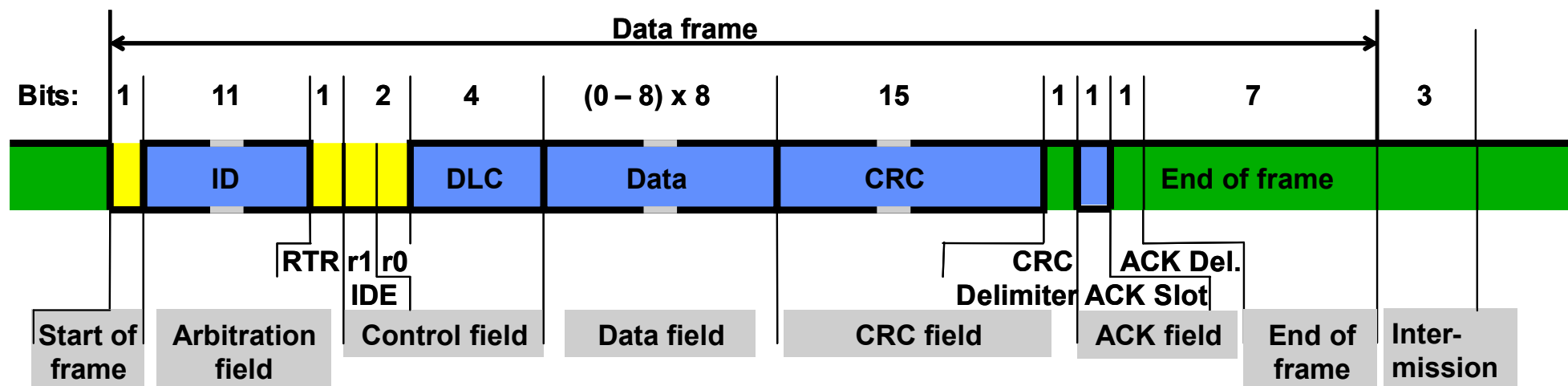


# CAN – Adatkapcsolati réteg (DLC)

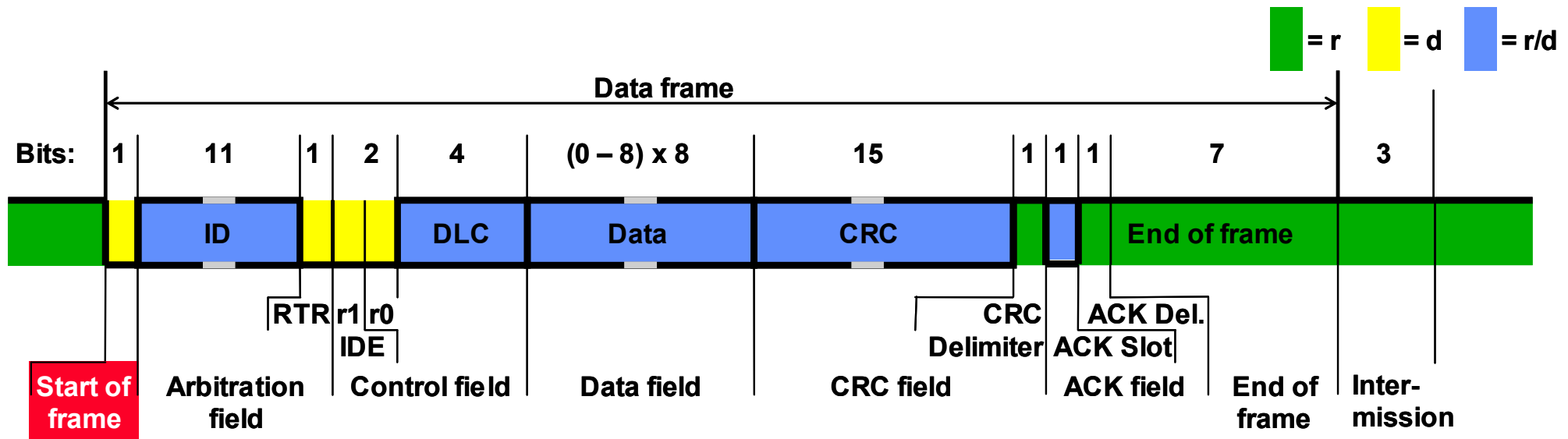
# CAN keretformátumok

- Adatkeret (Data frame)
- Hibakeret (Error frame)
- Távoli keret (Remote frame)
- Túlterhelés-keret (Overload frame)

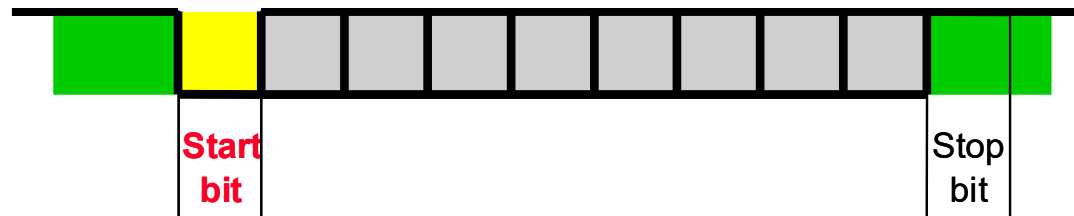
# Adatkeret (Data frame) – 2.0A / Standard CAN



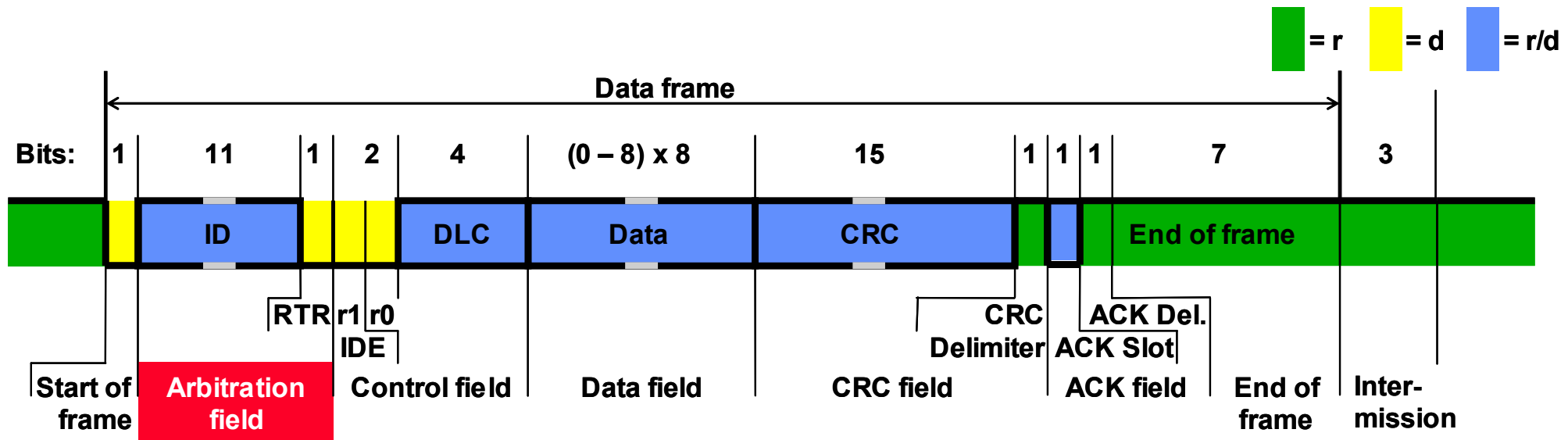
# Start of frame



- A keret kezdetét jelzi.
- Analógia: aszinkron start-stop (pl. 8N1)



# Arbitration field: ID + RTR

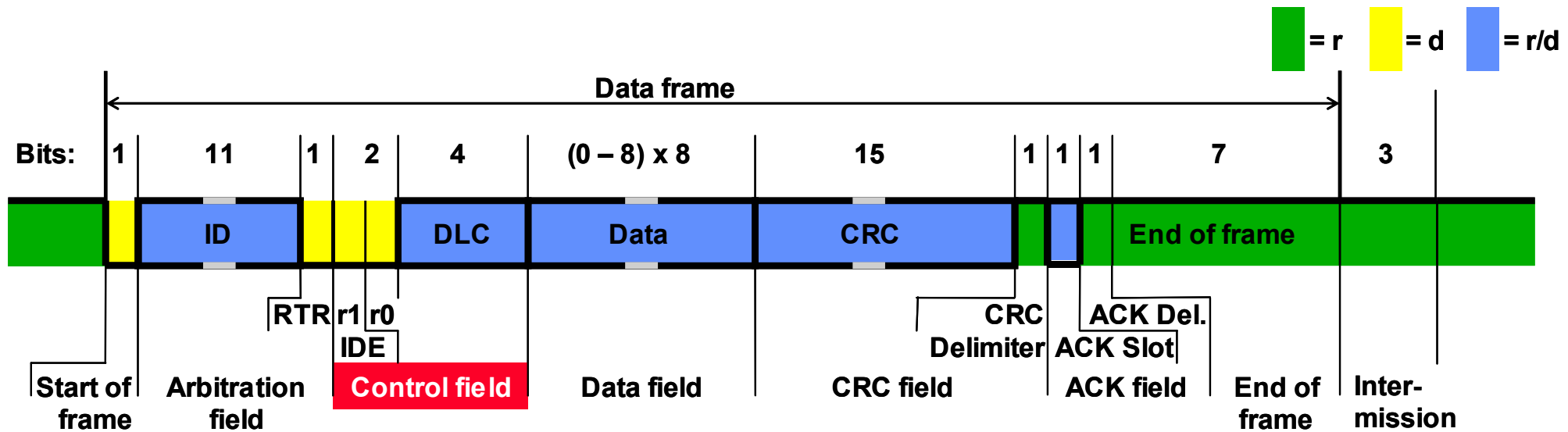


- Azonosítja a keretet és meghatározza a prioritását.
- ID (Identifier): 11 bit (ID10 – ID0) (2.0A !)
- RTR (Remote Transmit Request): távoli adáskérés
  - Data frame=d / Remote frame=r

# CAN Identifier

- Egycímes keretformátum
  - A CAN ID a payloadot azonosítja  
(pl. a motor fordulatszámát, a jármű sebességét)
- (LAN: kétcímes, a küldőt és a fogadót azonosítja.)

# Control field



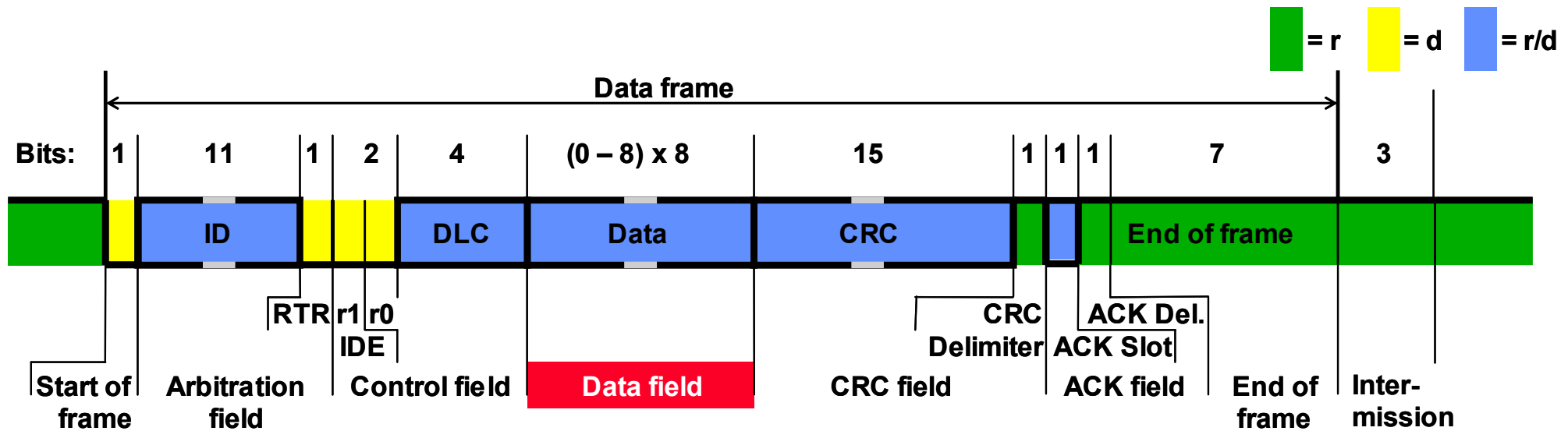
- Reserved (r1=d, r0=d)

- r1=IDE = ID Extension: d=11 (2.0A) / r=29 bites ID (2.0B)

- DLC: Data Length Code (DLC3 – DLC0)

- 9-féle adathossz: 0, 1, 2, ..., 8 byte

# Data field

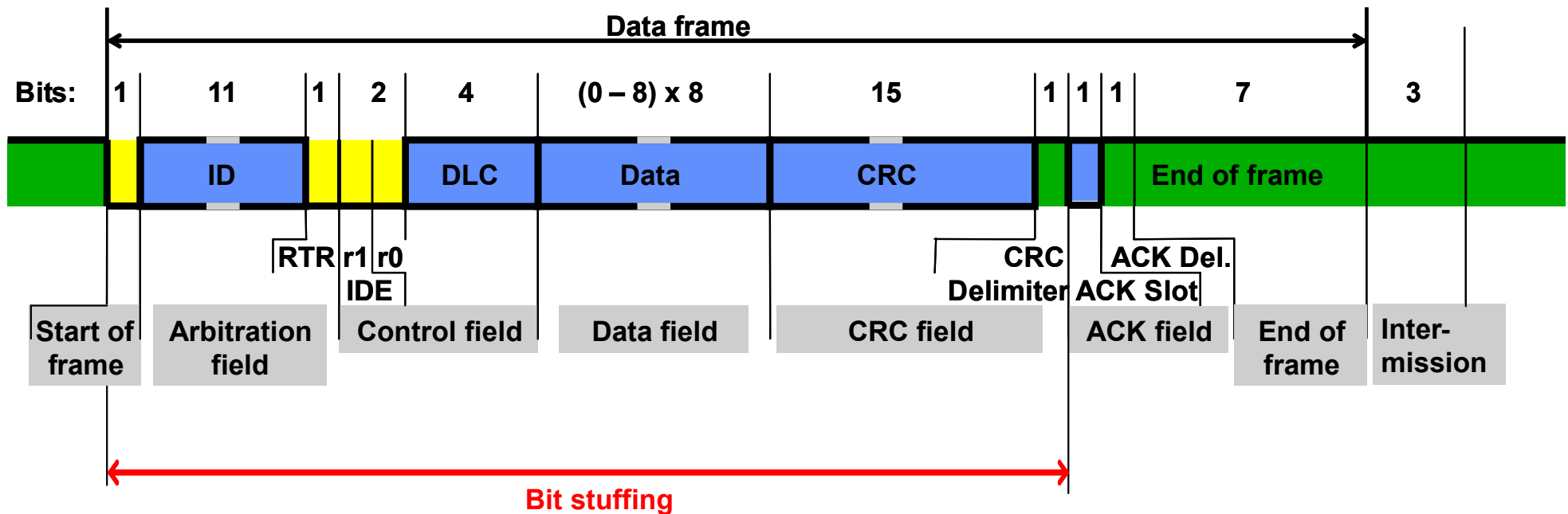


- Data field (payload):  $N \times 8$  byte,  $N=0 - 8$
- Tetszőleges tartalom

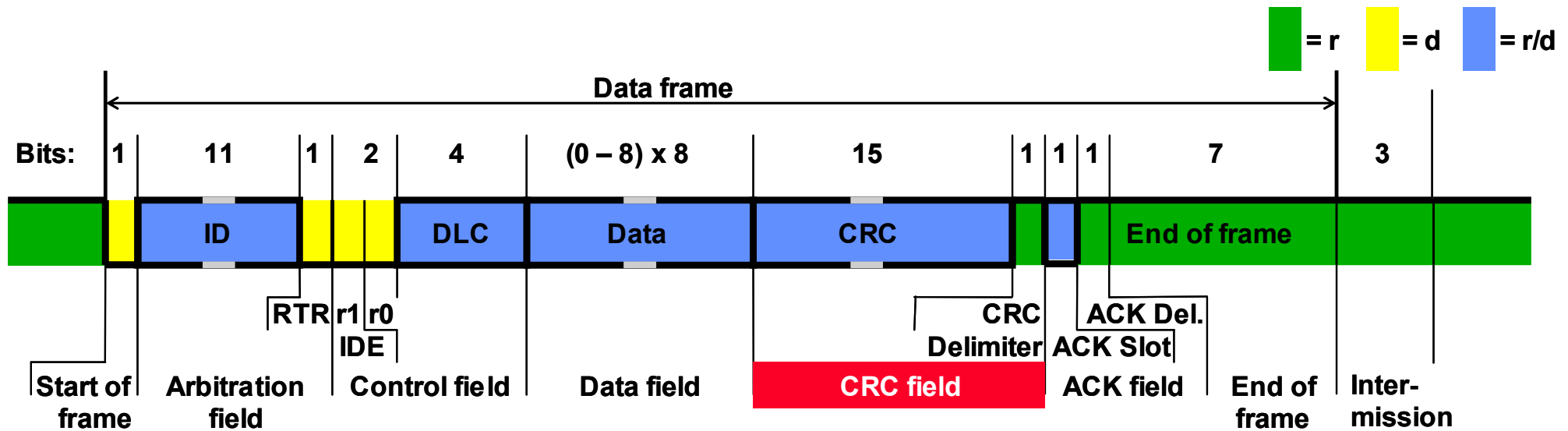


# Transzparens átvitel

- Bitbeszúrás, -kiejtés (bit stuffing)
  - 5 azonos bit után egy ellentétes bit beszúrása/kiejtése.
  - Gondoskodik a gyakori jelátmenetekről.

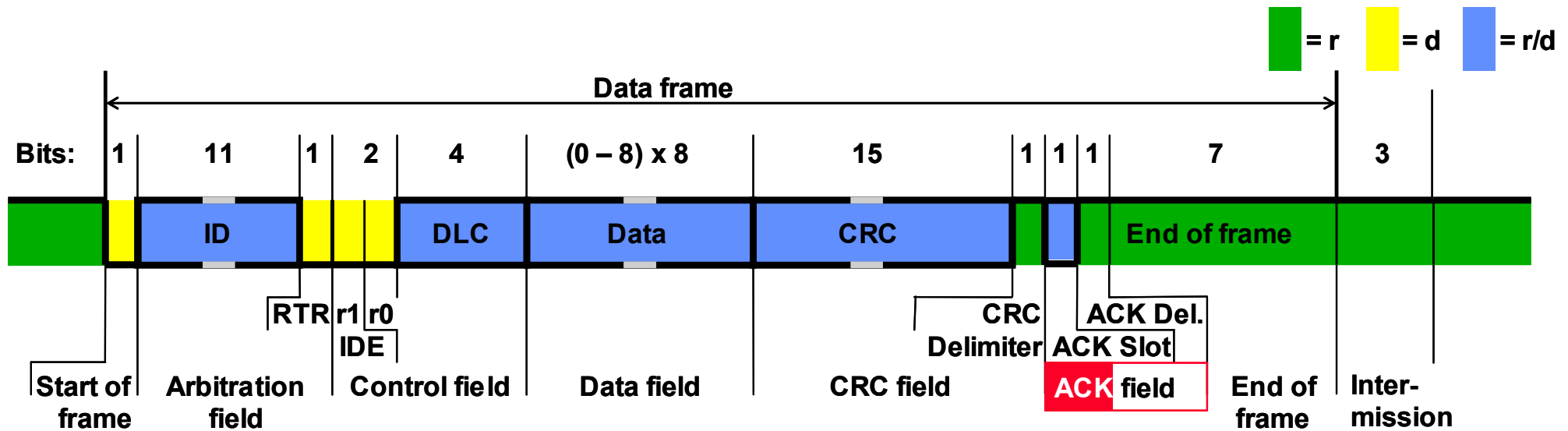


# CRC field



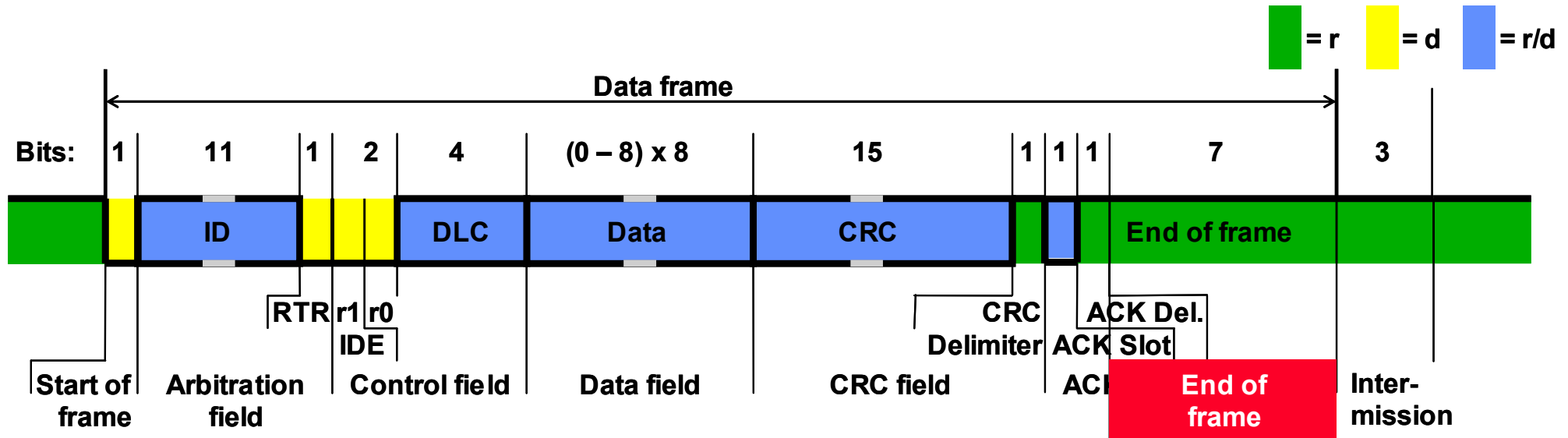
- 15 bit CRC + 1 bit CRC Delimiter (=r)

# ACK field



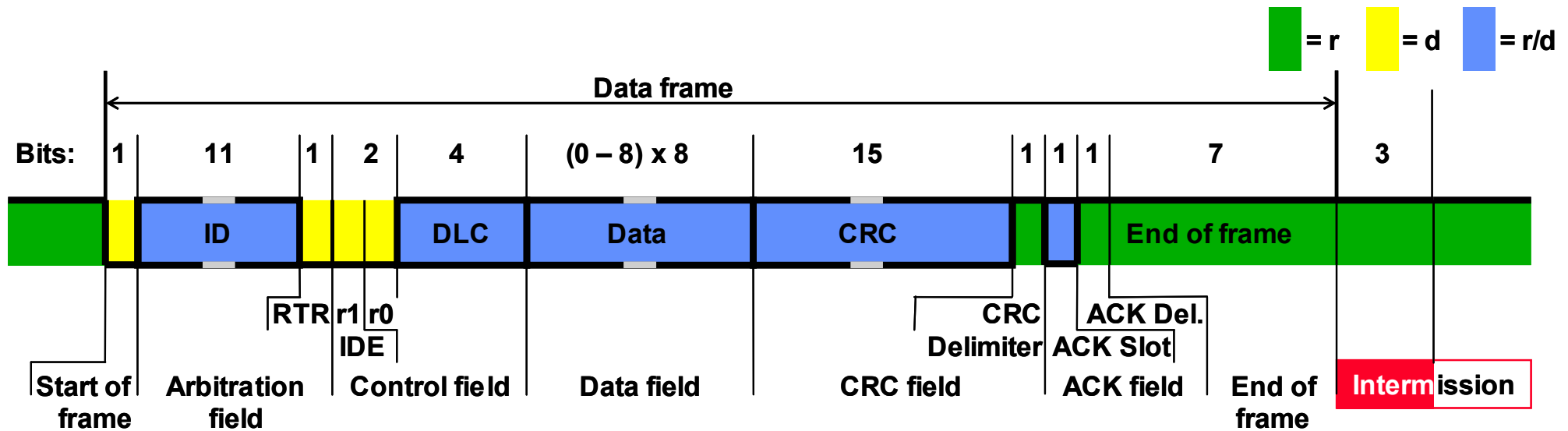
- ACK Slot – adó=r / vevő=d, azonnali nyugtázás
- ACK Delimiter =r

# End of frame



- 7 x r bit

# Intermission

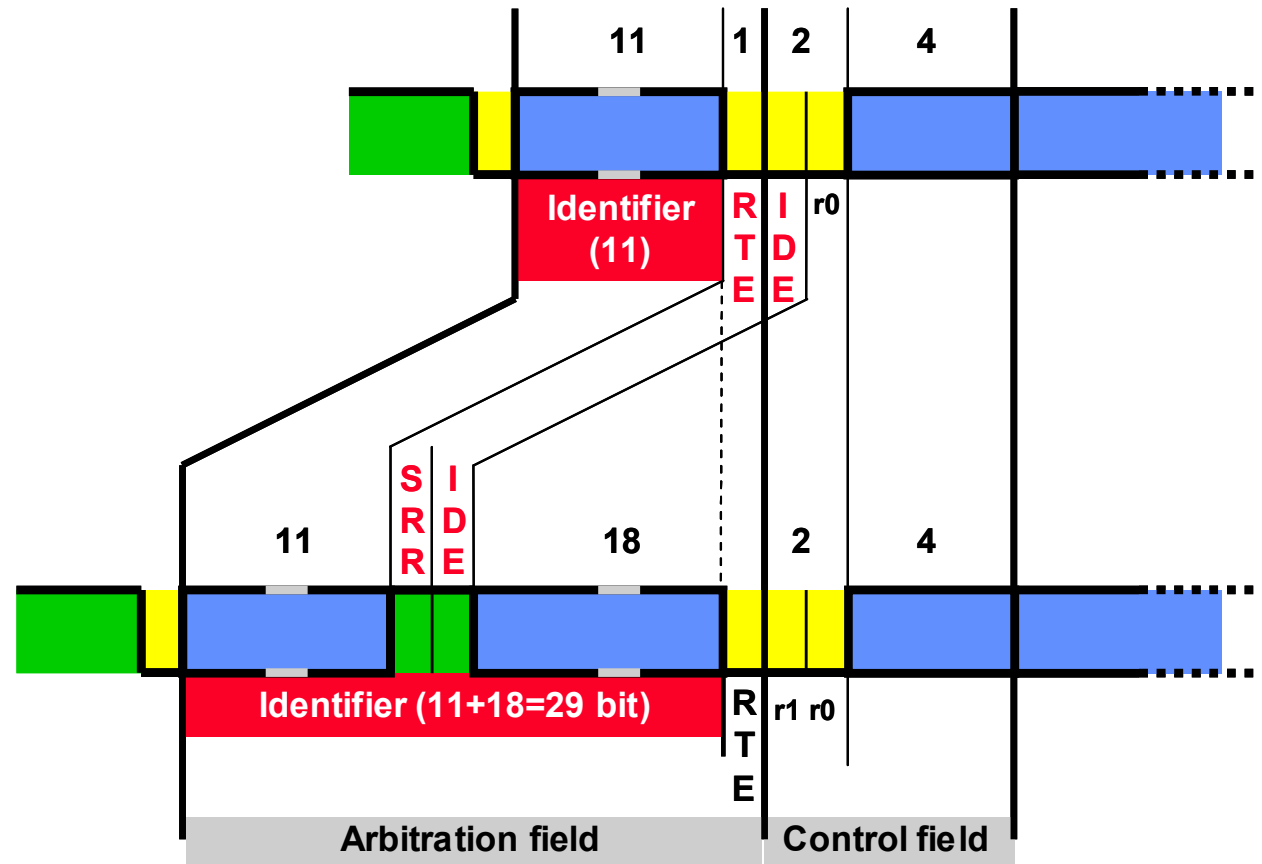


- Minimum 3 x r bit

# Adatkeret (Data frame) – 2.0B / Extended CAN

**Standard CAN  
Data frame**

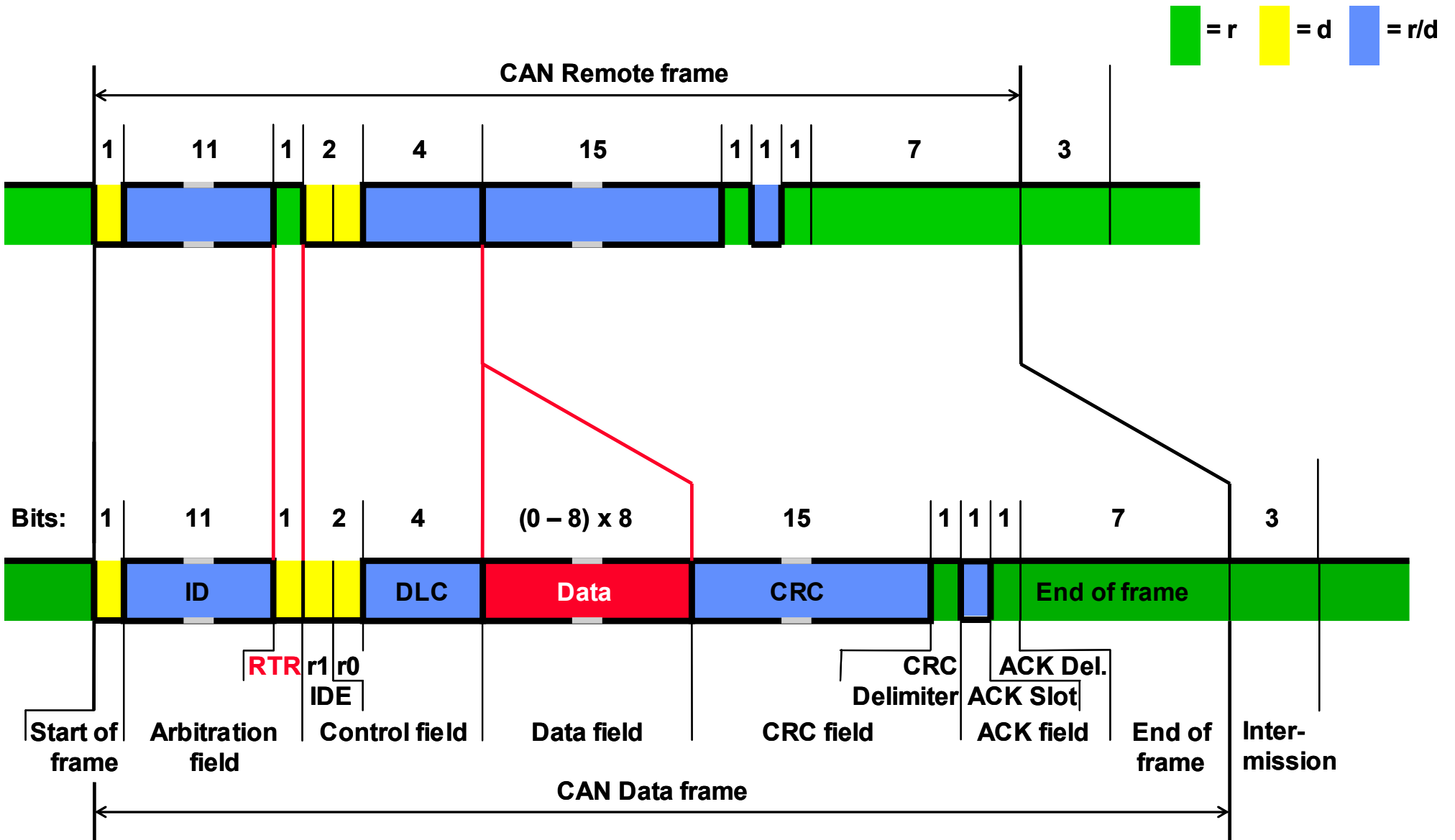
**Extended CAN  
Data frame**



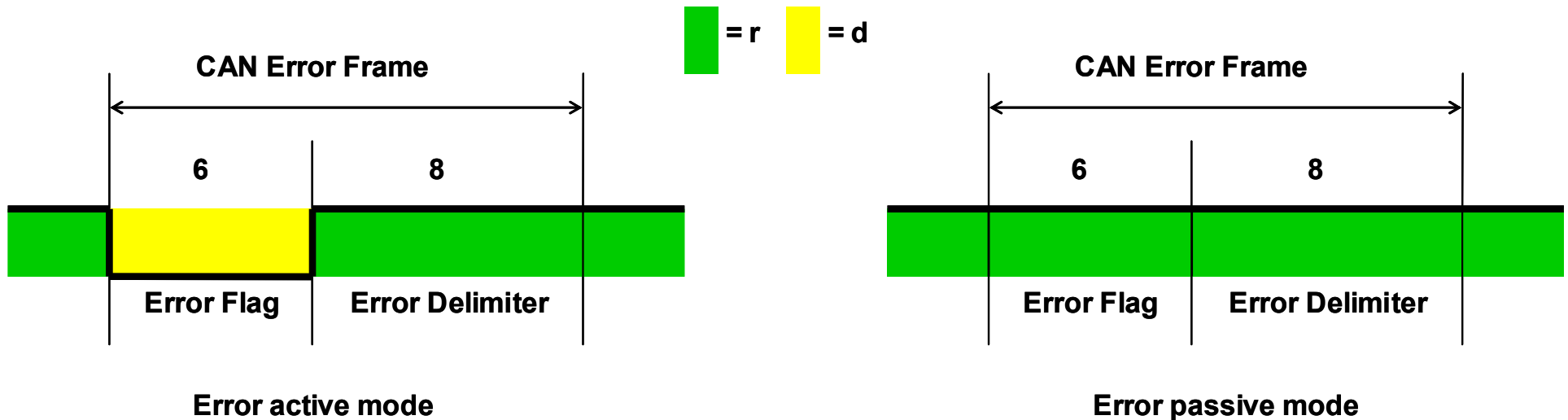
**SRR** = Substitute Remote Request bit

**IDE** = Identifier Extension bit

# Távoli keret (Remote frame) – 2.0A / Standard



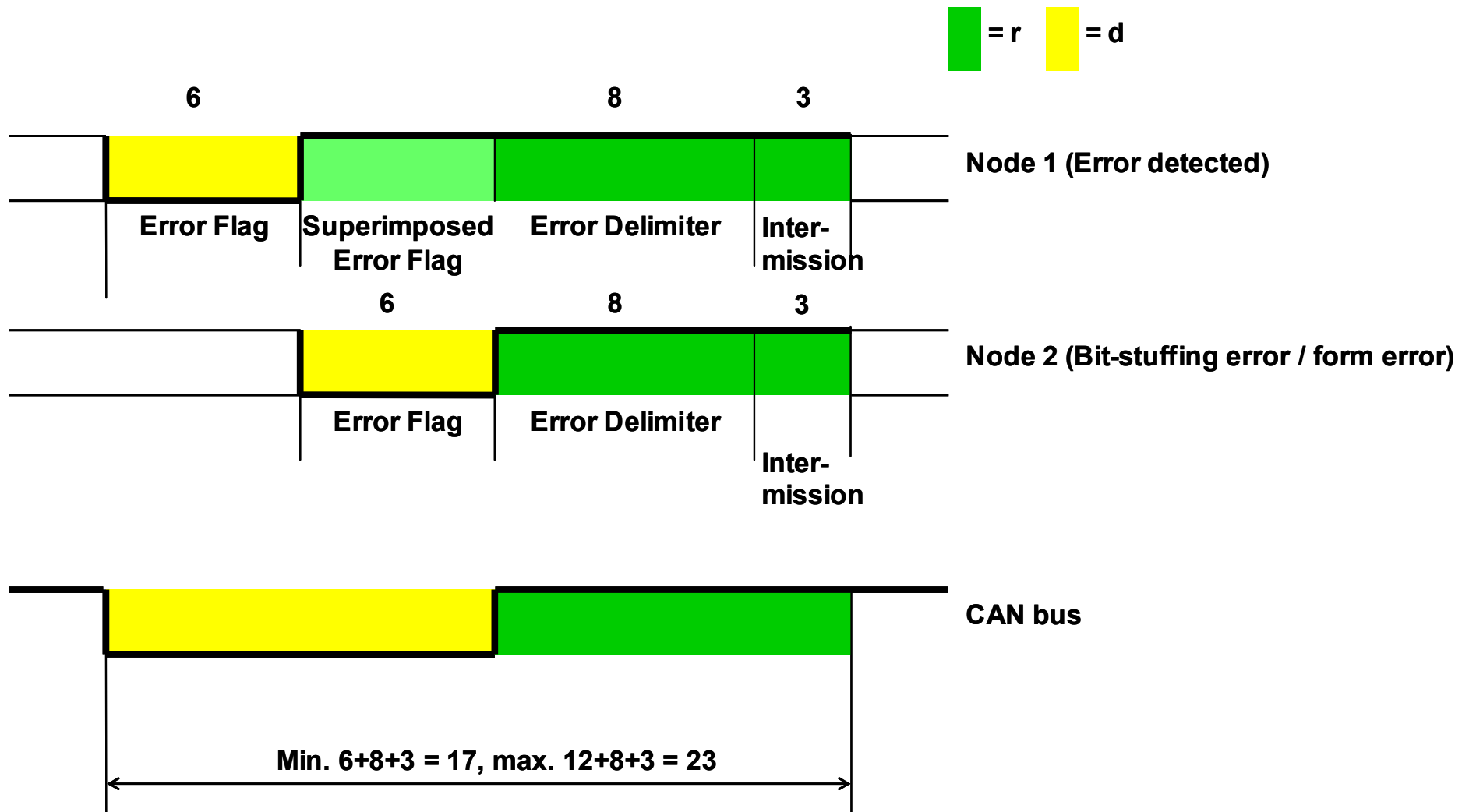
# Hibakeret (Error frame)



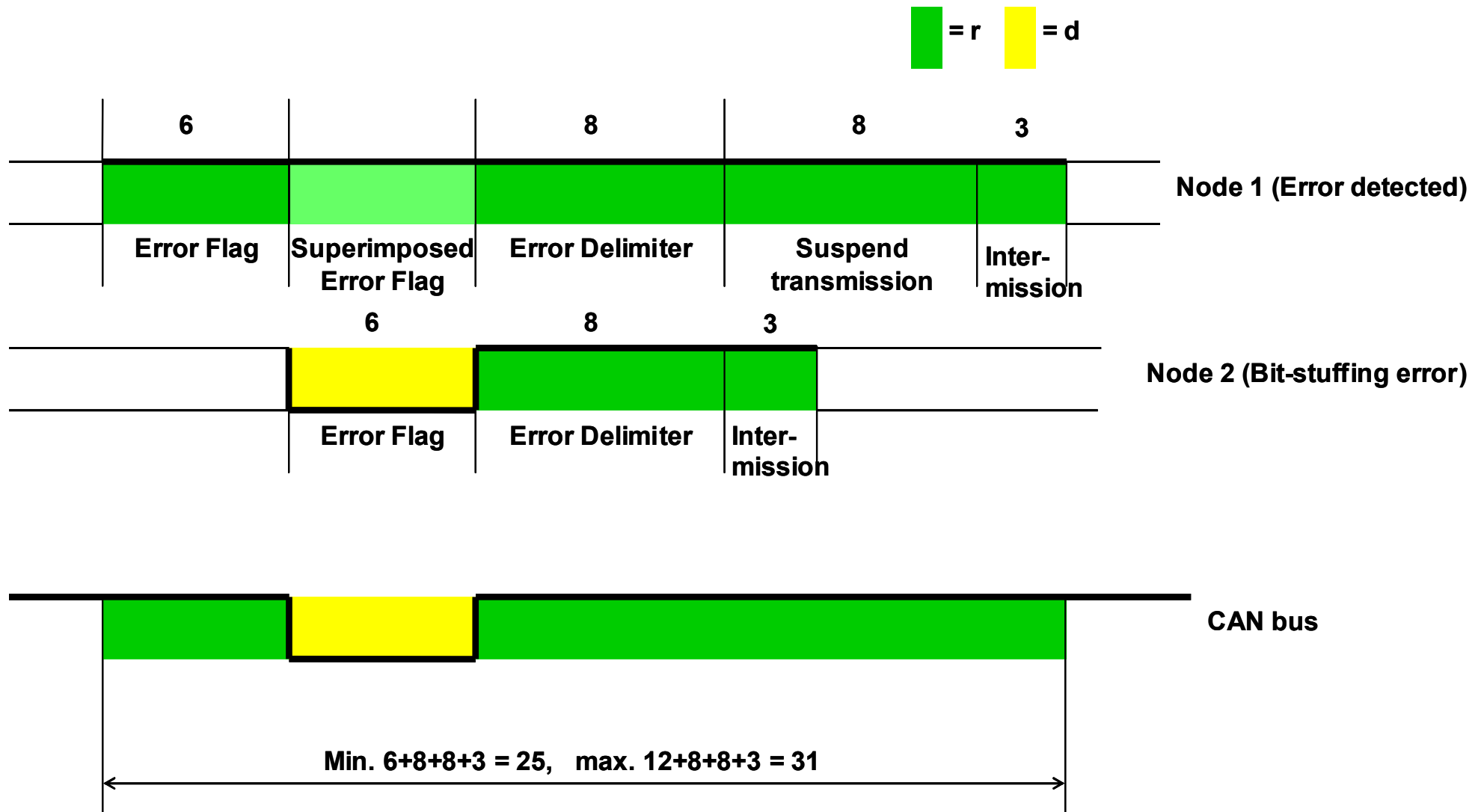
- Jelentése: „Vigyázat, ez egy hibás keret!”
- Generálása: ha adás vagy vétel közben hibát észlelnek.
  - Error active mode: Error Flag = 6 db „d”
  - Error passive mode: Error Flag = 6 db „r”
  - Error Delimiter: 8 db „r”



# Error active mode (error counter < 128)

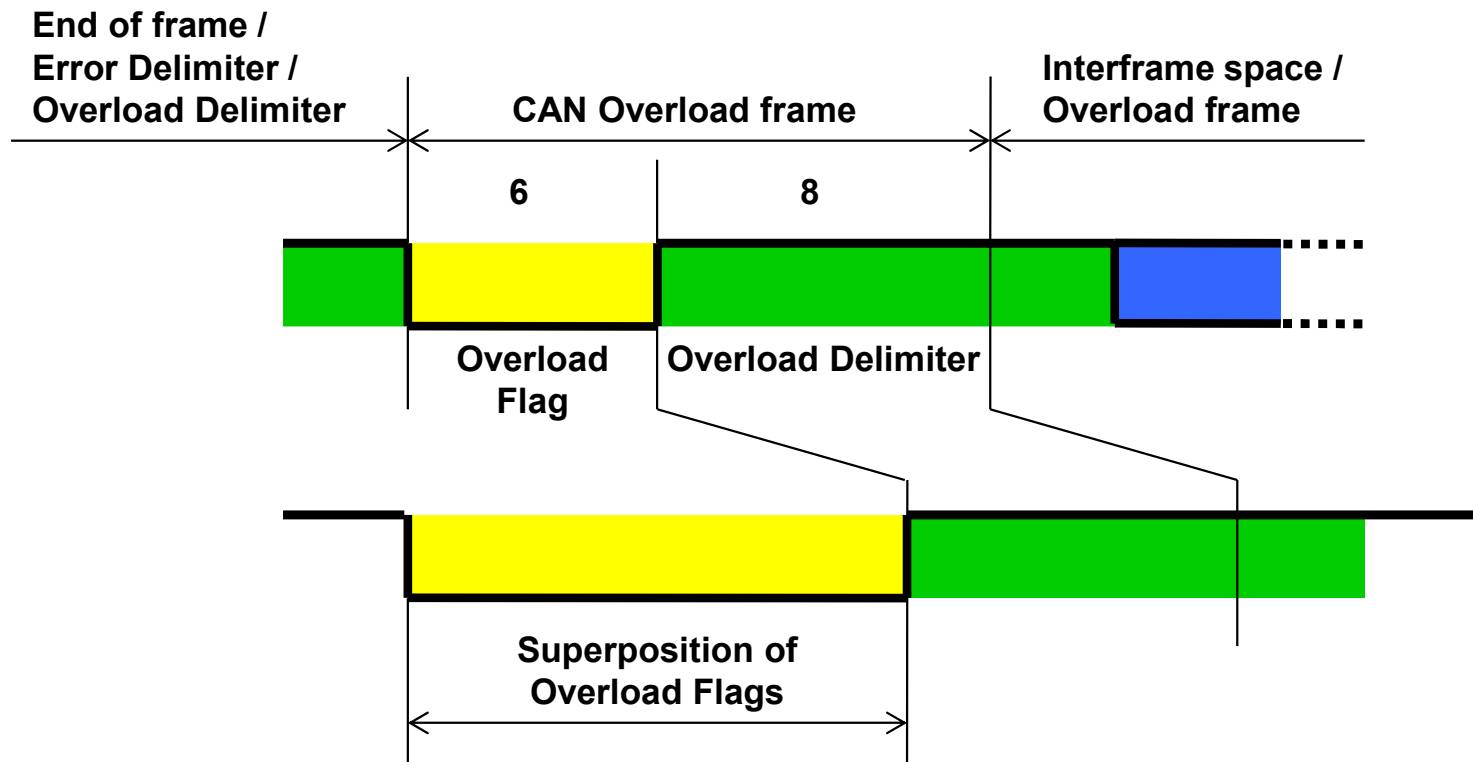


# Error passive mode (error counter > 127)



# Túlerhelés-keret (Overload frame)

■ = r   ■ = d   ■ = r/d



- Jelentése: „Lassíts!”
- Max. 2 overload keret küldhető.

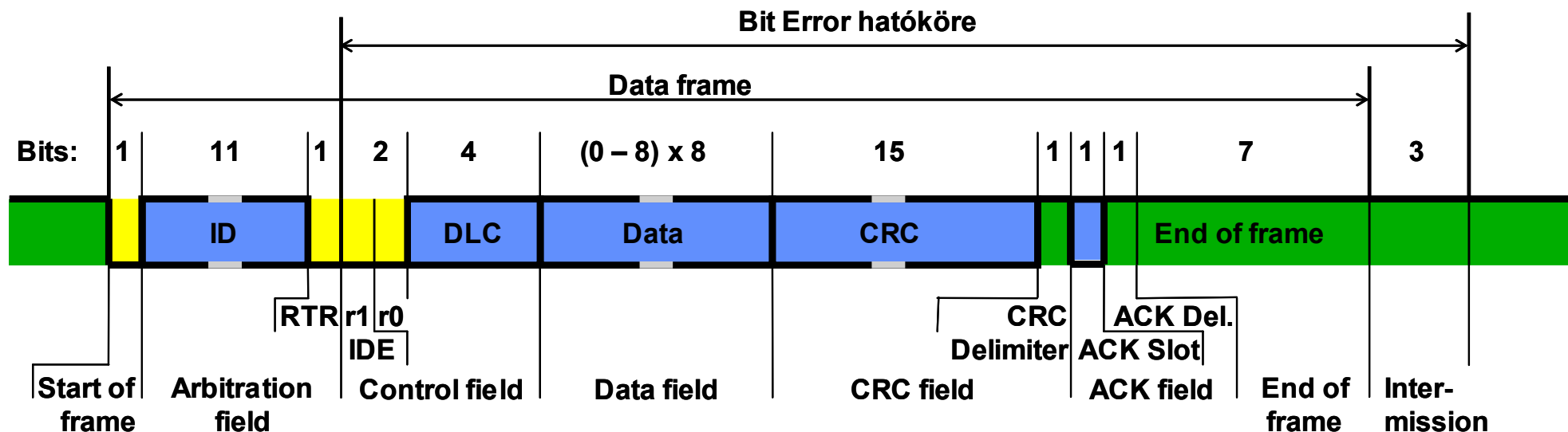
# CAN – Hibakezelés

# Hibakezelés

- Bit Monitoring / Bit Error
- Frame Check / Form Error
- Acknowledgement Check /Error
- CRC / CRC Error
- Bit Stuffing / Stuff Error
- Tranziens hibák kezelése (TEC, REC)

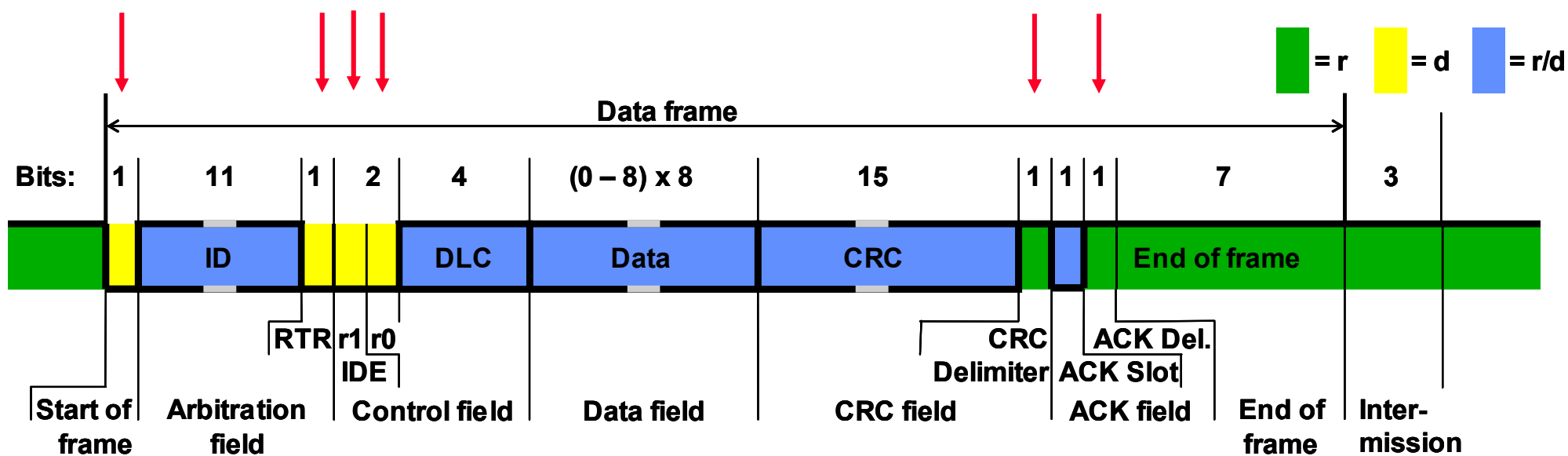
# Hibakezelés – Bit Monitoring / Bit Error

- Adáskor az adó összehasonlítja a kiadott bitet a vett bittel.
- Ha az arbitrációs fázison kívül a két érték nem egyezik, **Bit Error** jelzés keletkezik, amit az adó regisztrál.



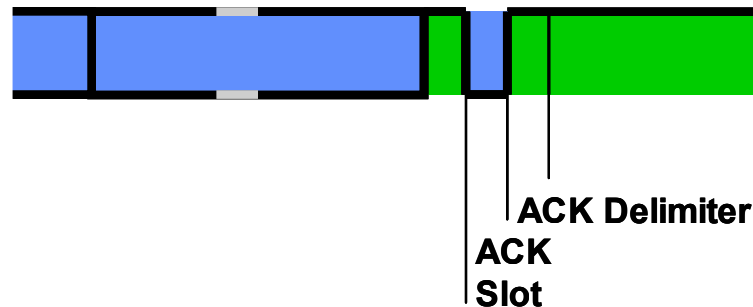
# Hibakezelés – Frame Check / Form Error

- A CAN keret bizonyos bitjei rögzítettek, így az ettől való eltérést a vevők képesek észlelni.
- Ilyen típusú hiba esetén **Form Error** jelzés keletkezik.



# Hibakezelés – Acknowledgement Check /Error

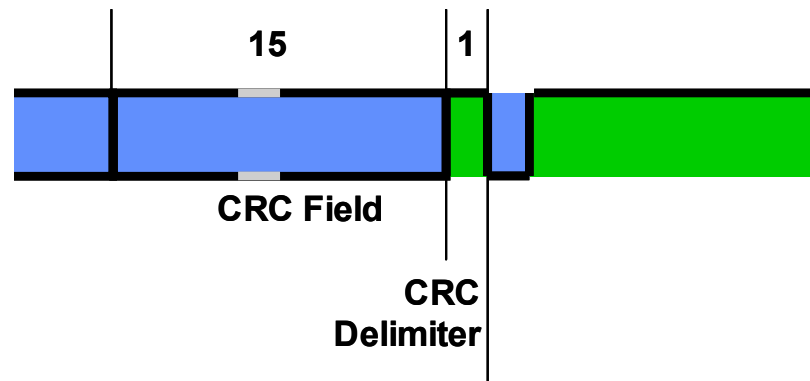
- ACK Slot:
  - $adó = r$
  - minden vevő =  $d$  (hibátlan vétel esetén)
- Ha az adó  $r$  értéket kap vissza,  
**Acknowledgement Error** jelzést generál.
- Azonnali nyugtázás.





# Hibakezelés – CRC / CRC Error

- Az üzenetek integritását 15-bites CRC-vel védik.
- CRC hiba esetén a vevő **CRC Error-t** jelez.



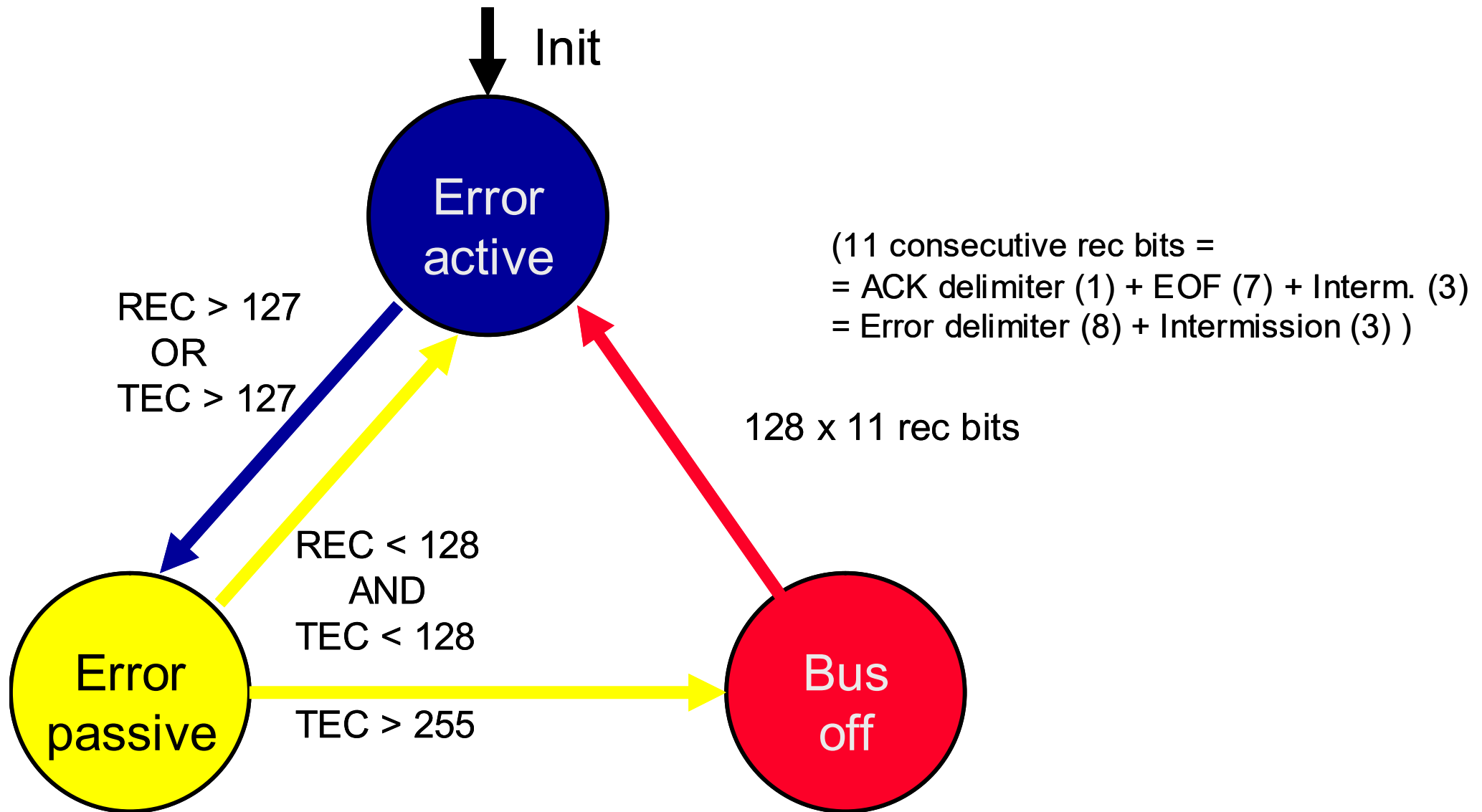
# Hibakezelés – Bit Stuffing / Stuff Error

- A vevő figyeli a beérkező biteket.
- A bitbeszúrás/-bitkiejtés szabály megsértése esetén **Stuff Error**-t jelez.

# Tranziens hibák kezelése

- Hibaszámlálók:
  - Transmit Error Counter (TEC)
  - Receive Error Counter (REC)
- Hiba esetén inkrementálnak.
- Hibátlan adás, vétel esetén dekrementálnak.
- Az adáskor bekövetkező hibák nagyobb súlyúak.

# Error counters, error modes



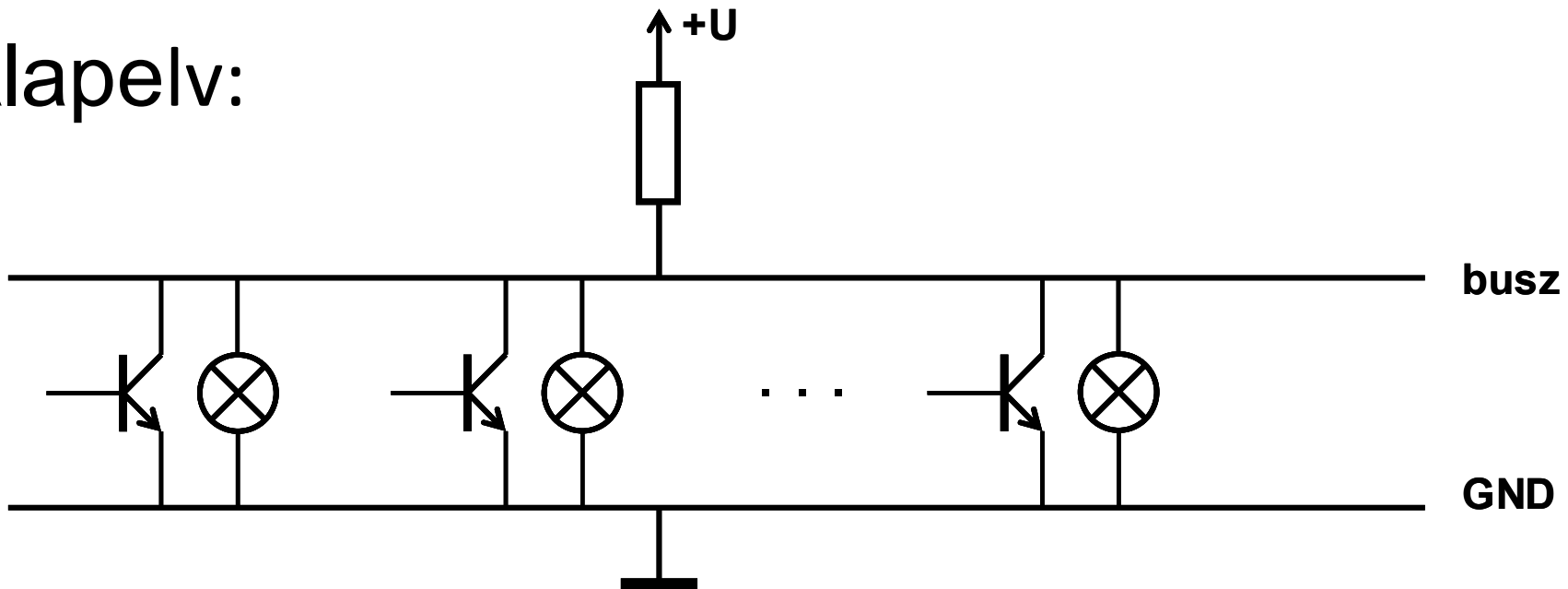
# CAN – Fizikai réteg

# Huzalozott ÉS kapcsolat

## ■ Jelállapotok:

- recessive (elengedett): 1
- dominant (meghúzott): 0

## ■ Alapelv:



# Bitkódolás

- NRZ kódolás
- Bitbeszúrás/bitkiejtés:
  - 5 azonos bit után egy ellentétes bit
  - Gondoskodik a gyakori jelátmenetekről.

# Távolság

## ■ Példák:

- 100 m 500 kbit/s
- 200 m 250 kbit/s
- 500 m 125 kbit/s
- 6 km 10 kbit/s

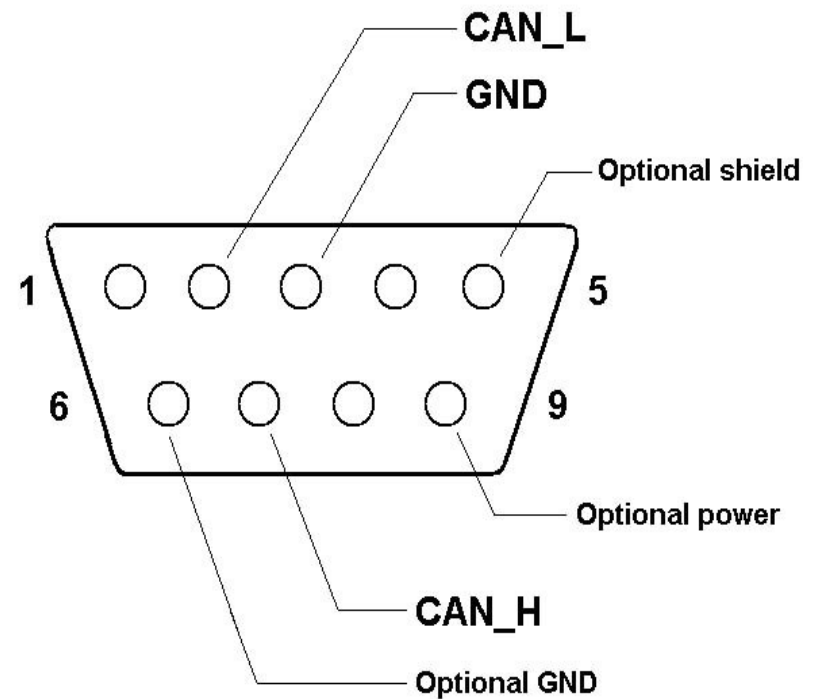
## ■ Korlátok:

- arbitráció
- sebesség
- jeltípus (szimmetrikus, aszimmetrikus)



# CAN csatlakozók

- Legtöbbször DB9



# CAN csatlakozók



**DB9**



DN C-type connector

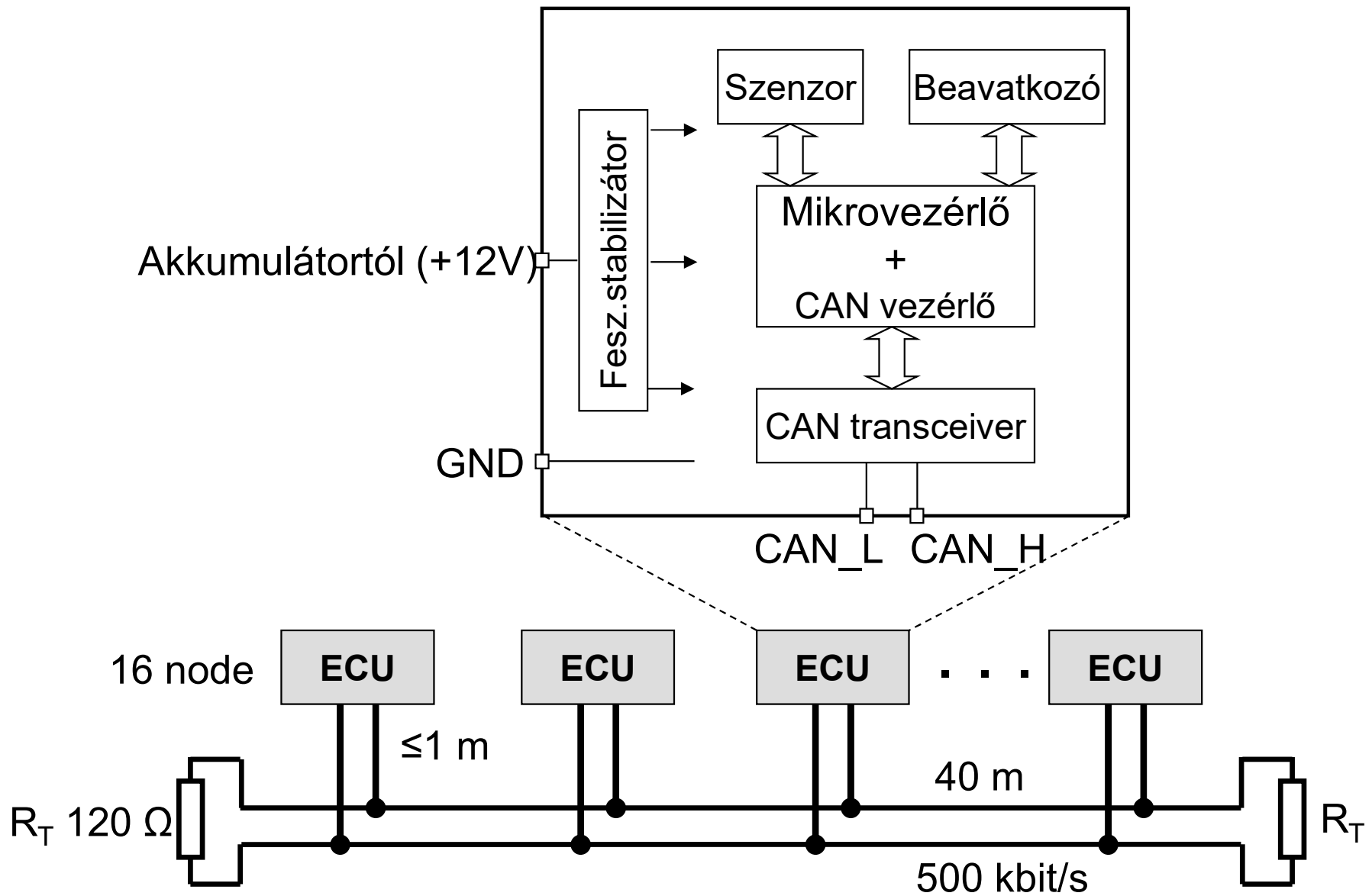


DN mini-style connector

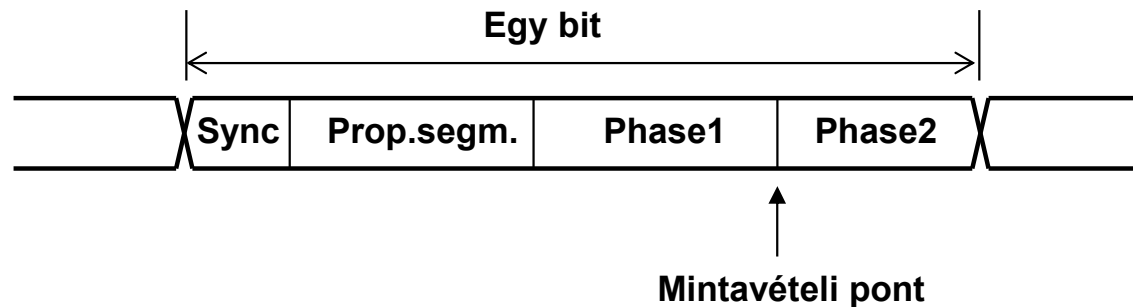


CANHUG connector

# Egy CAN hálózat (példa)



# Bitidőzítés



- Alap: időkvantum (time quantum, TQ)
- Synchronization Segment (SYNC\_SEG) (1 TQ)
- Propagation Segment (PROP\_SEG) (1-8 TQ)
- Phase\_Segment 1 (PHASE\_SEG1) (1-8 TQ)
- Phase Segment 2 (PHASE\_SEG2)  
(PHASE\_SEG1 + 0-2 TQ)

# Time quantum (TQ)

- A TQ-t a rendszerórából állítják elő leosztással.
- Szinkronizálás
  - Hard: a start bit recessive-domináns átmeneténél
  - Soft: bitenként a Sync figyelésével és SJW korrekcióval
- Mintavétel
  - Egyszeres
  - Többszörös (többségi szavazással)

# Synchronization Segment (SYNC\_SEG)

- 1 TQ kvantumnyi hosszú.
- A szinkronizálását szolgálja.
- A buszon a jelváltásokat ebben a szegmensben várjuk.

# Propagation Segment (PROP\_SEG)

- A busz terjedési idejét kompenzálja.
- Hossza  $\geq$  oda-vissza jelterjedési idő  
(beleértve az elektronika késleltetéseit is)

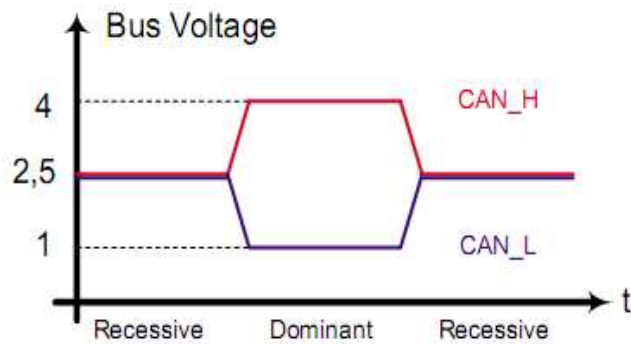
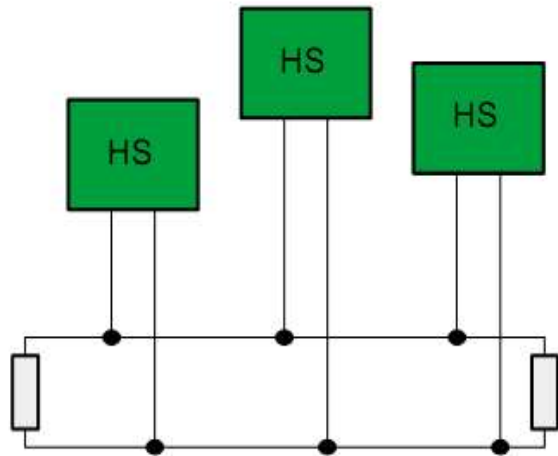
# Phase\_Segment 1/2 (PHASE\_SEG1/2)

- PHASE\_SEG1, ...2
  - A mintavétel a két fázisszegmens határán történik.
  - PS1 növelhető, PS2 csökkenthető egy adott értékkel (SJW)
- Synchronization Jump Width
  - $SJW = 1...4 TQ$  vagy  $1... PHASE\_SEG1$
- Szabályok:
  - $PROP\_SEG + PHASE\_SEG1 \geq PHASE\_SEG2$
  - $PROP\_SEG + PHASE\_SEG1 \geq TDELAY$
  - $PHASE\_SEG2 > SJW + IPT$
- IPT, Information Processing Time

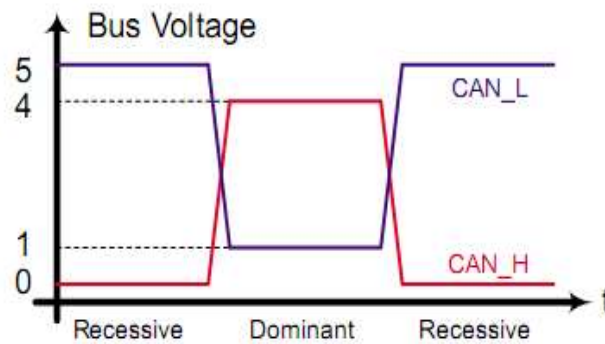
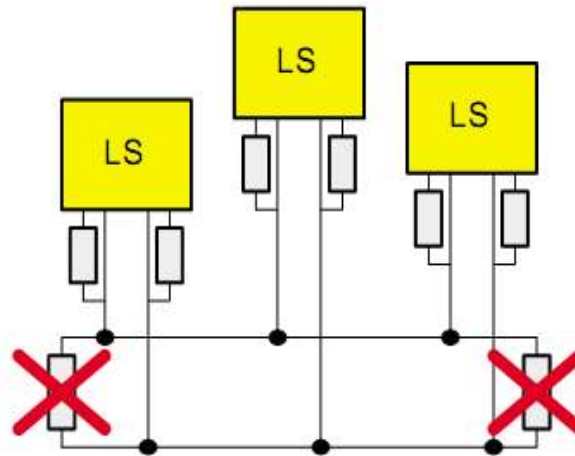


# CAN fizikai réteg fajtái

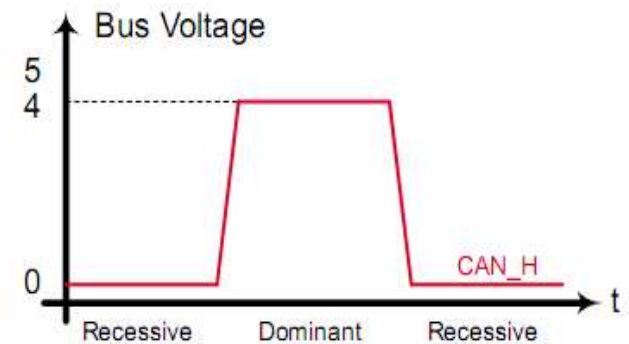
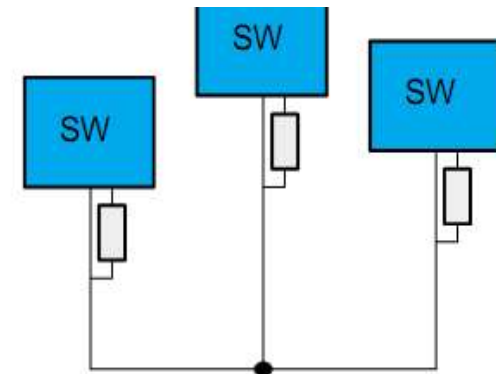
## High Speed



## Low Speed Fault Tolerant



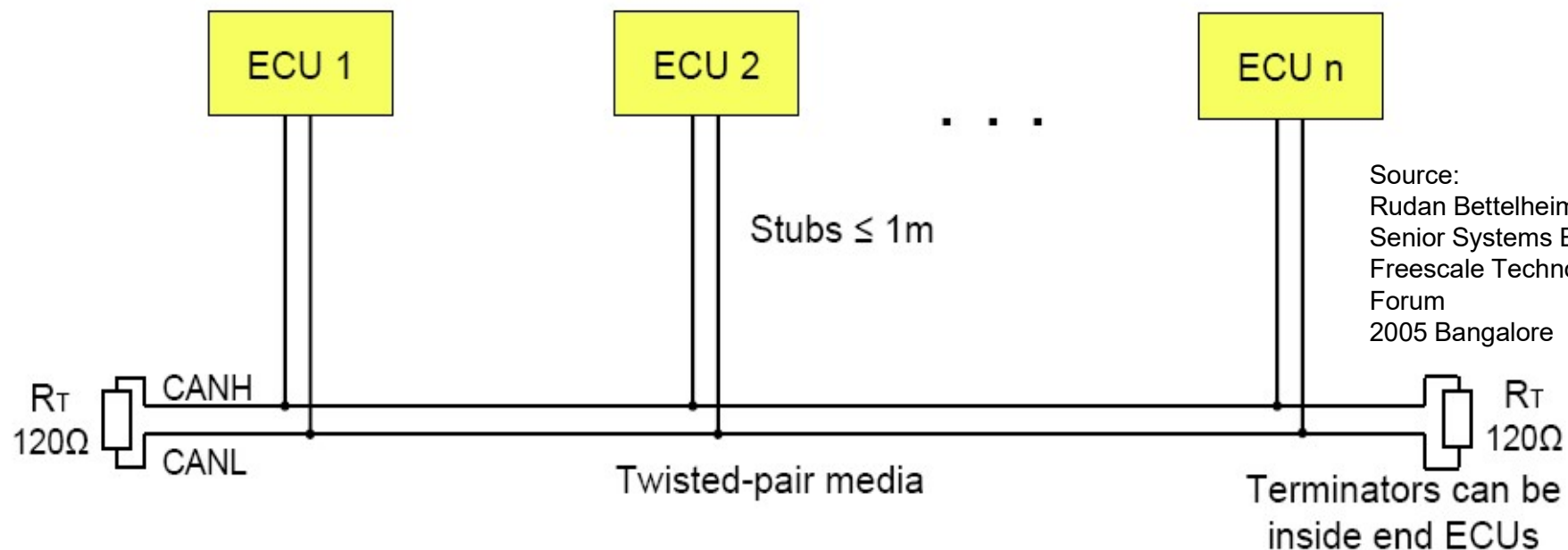
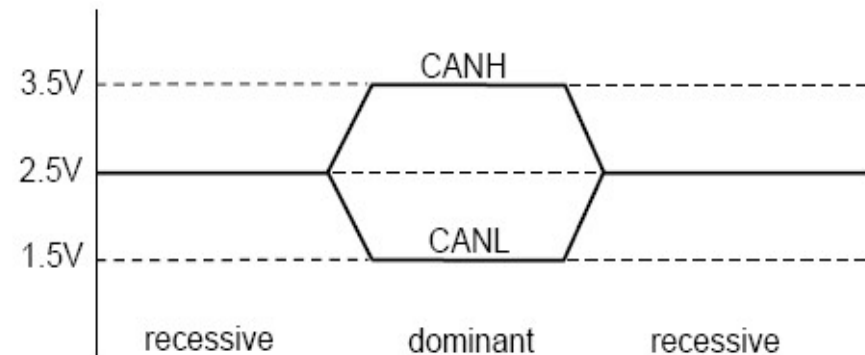
## Single Wire



# High Speed CAN

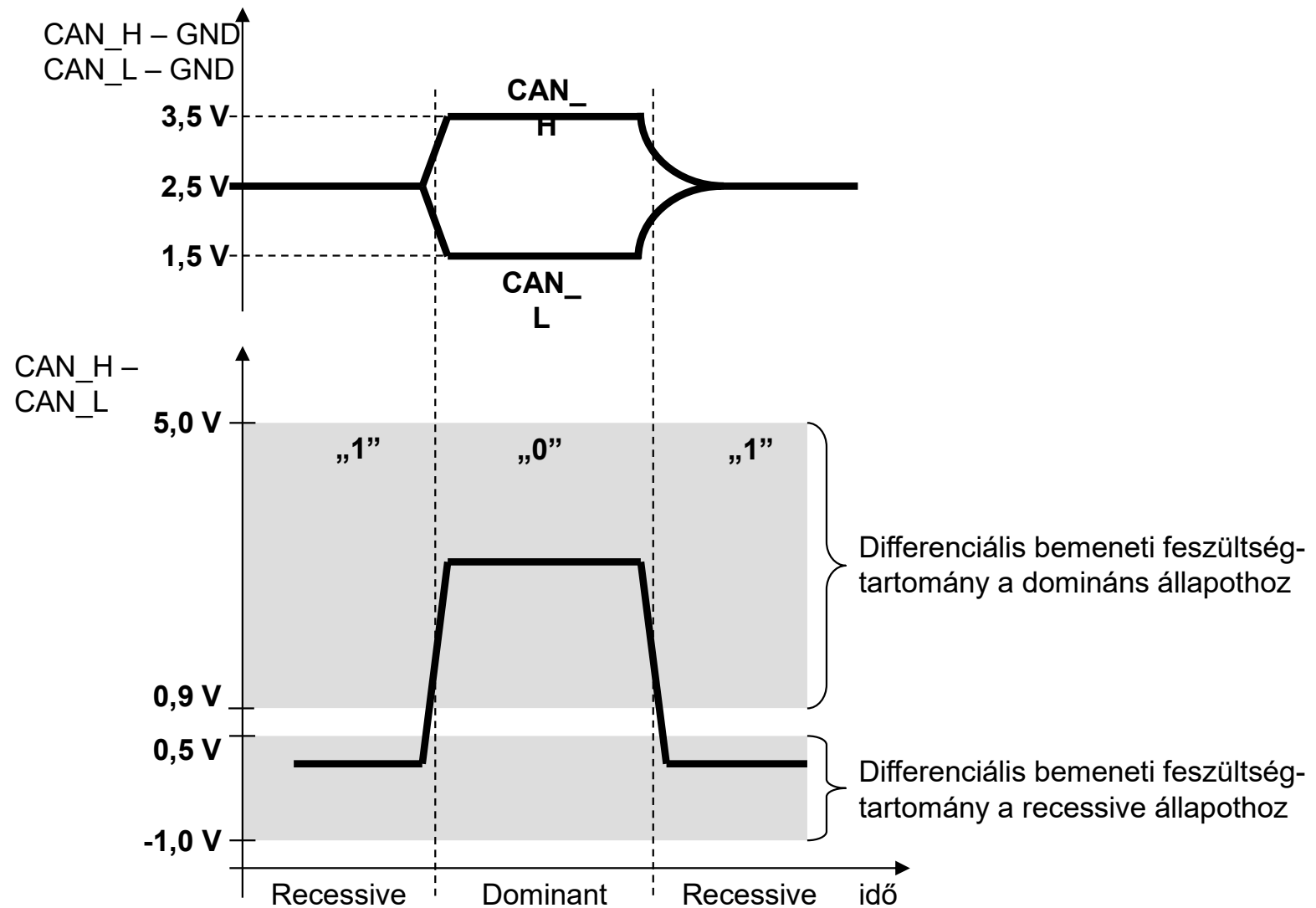
# High Speed CAN (ISO 11898-2)

- Linear bus topology
- 500 Kbps bit rate
- 40 m max bus length
- Maximum of 16 nodes

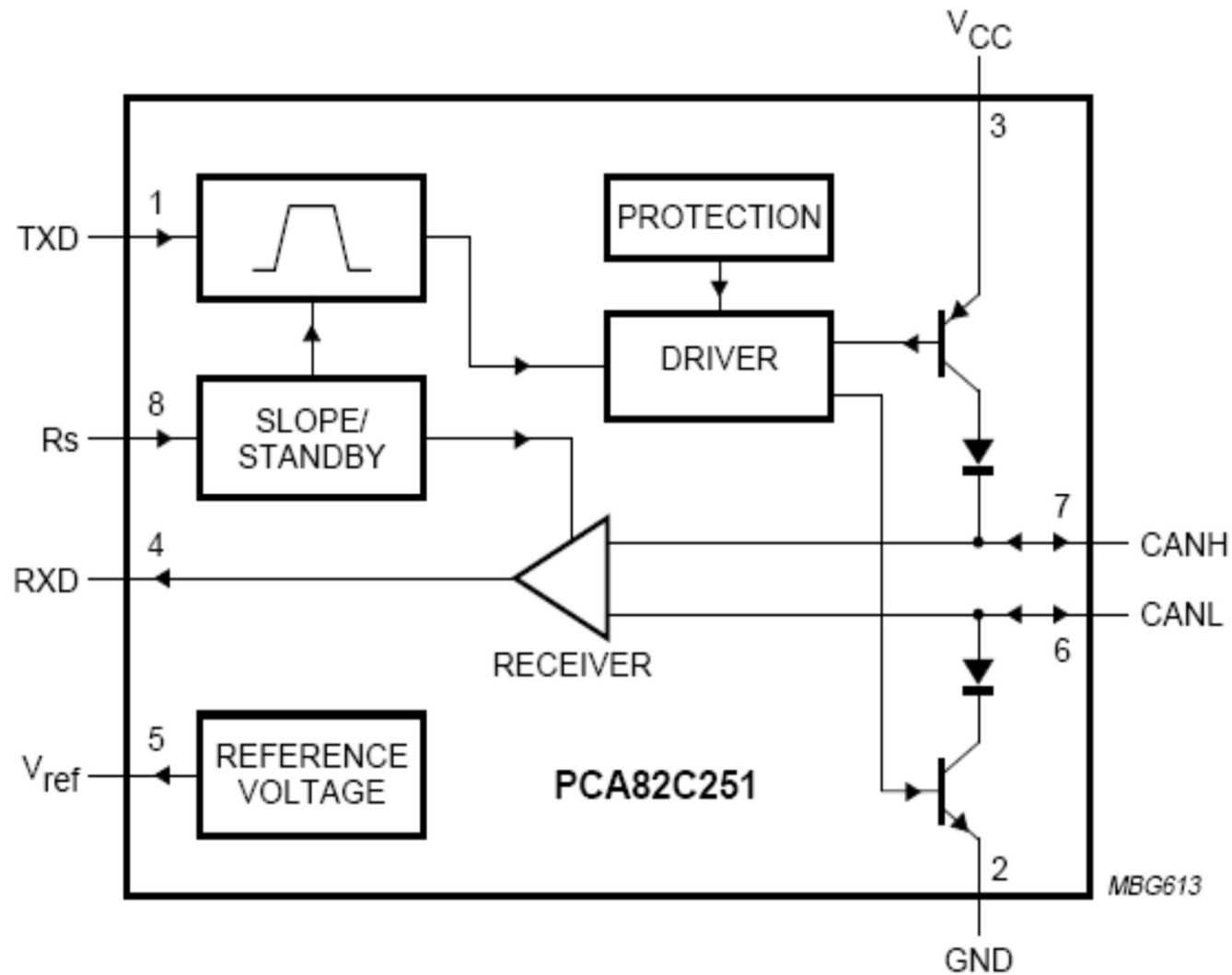


Source:  
Rudan Bettelheim  
Senior Systems Engineer  
Freescale Technology  
Forum  
2005 Bangalore

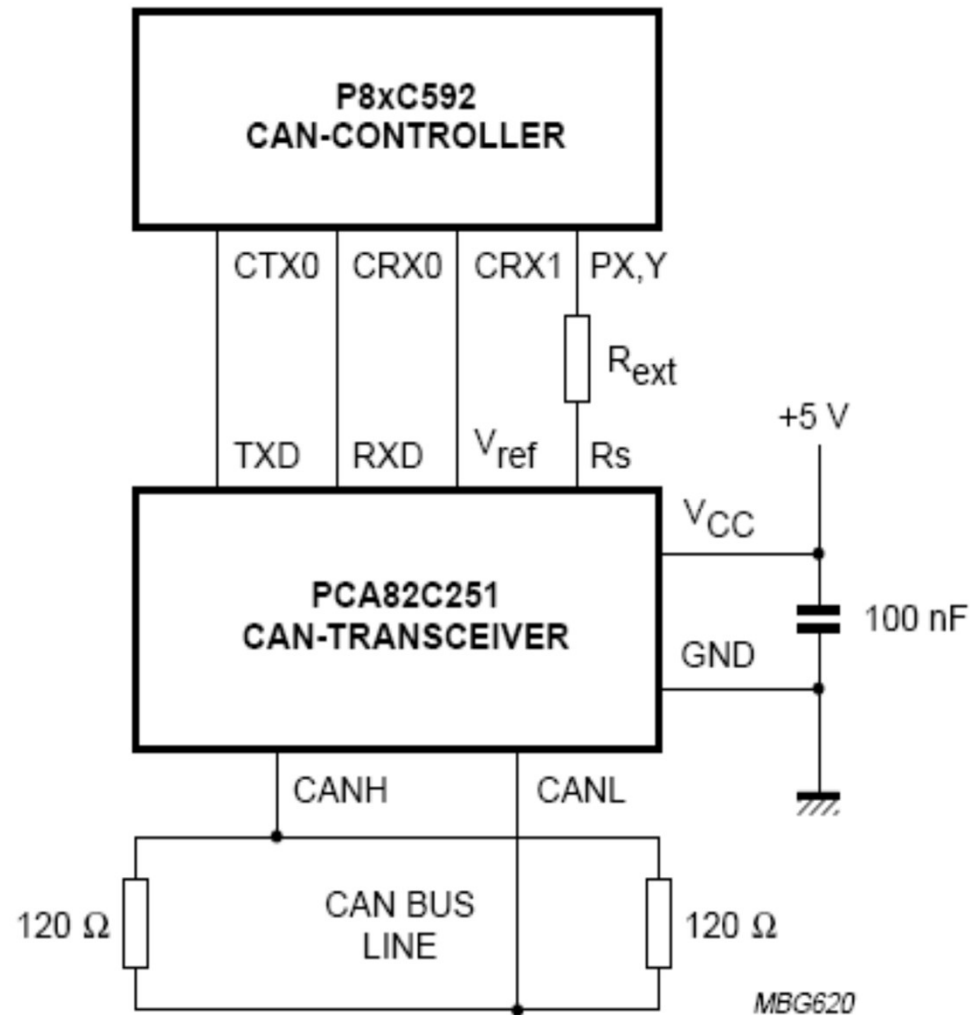
# High Speed CAN (ISO 11898-2) jelszintek



# Példa: high speed transceiver



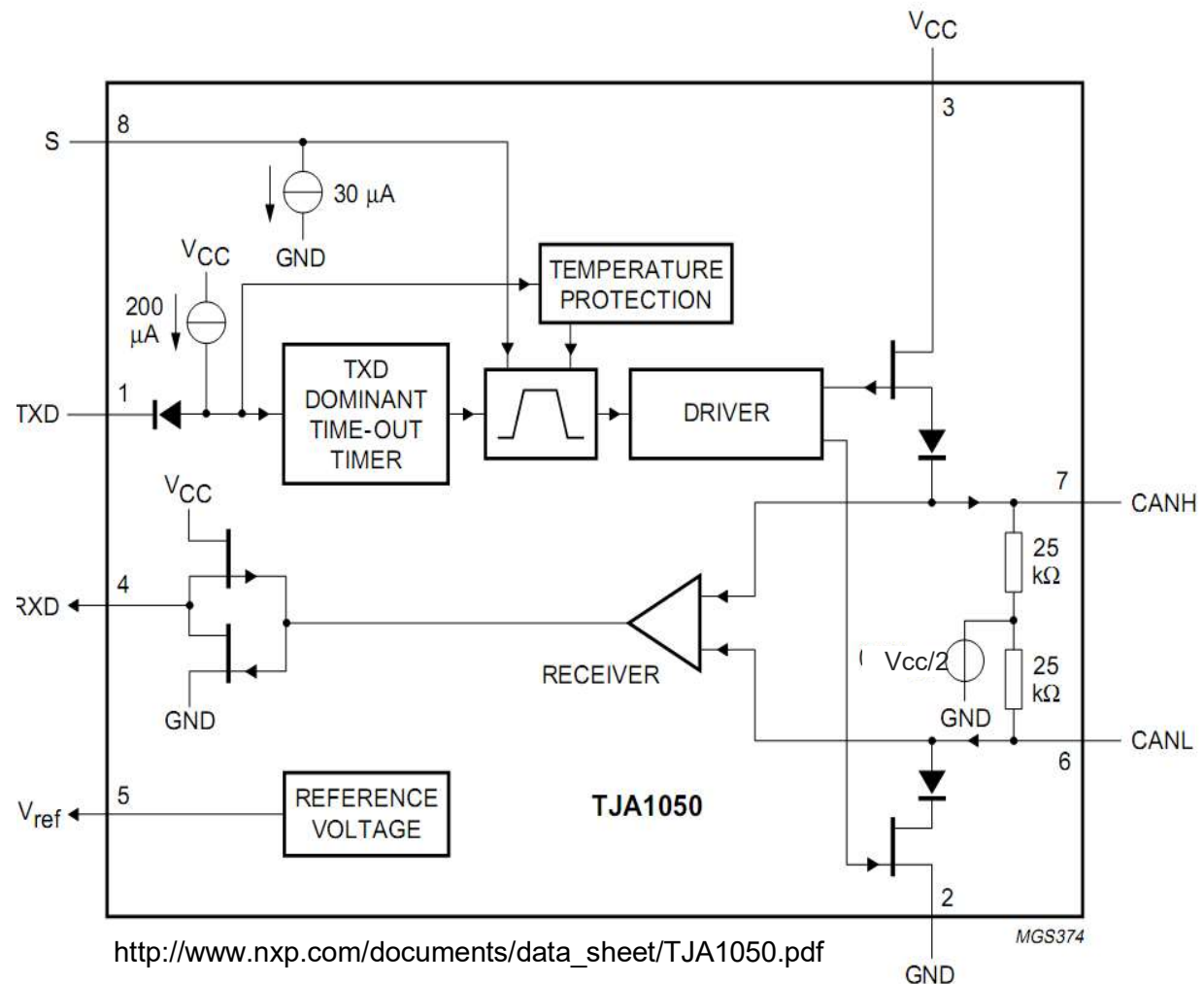
# Példa: komplett CAN interfész

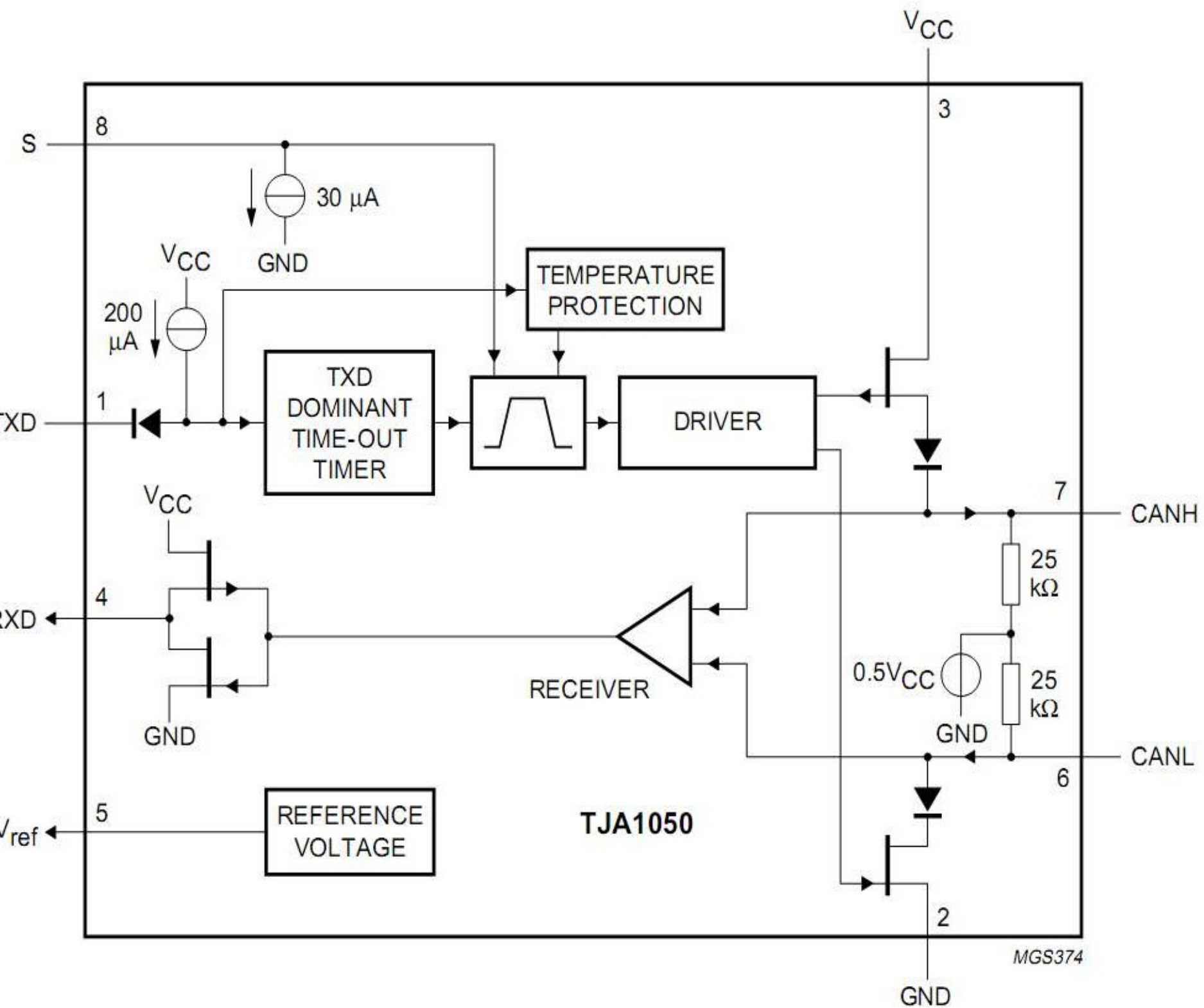


# Másik példa: high speed transceiver

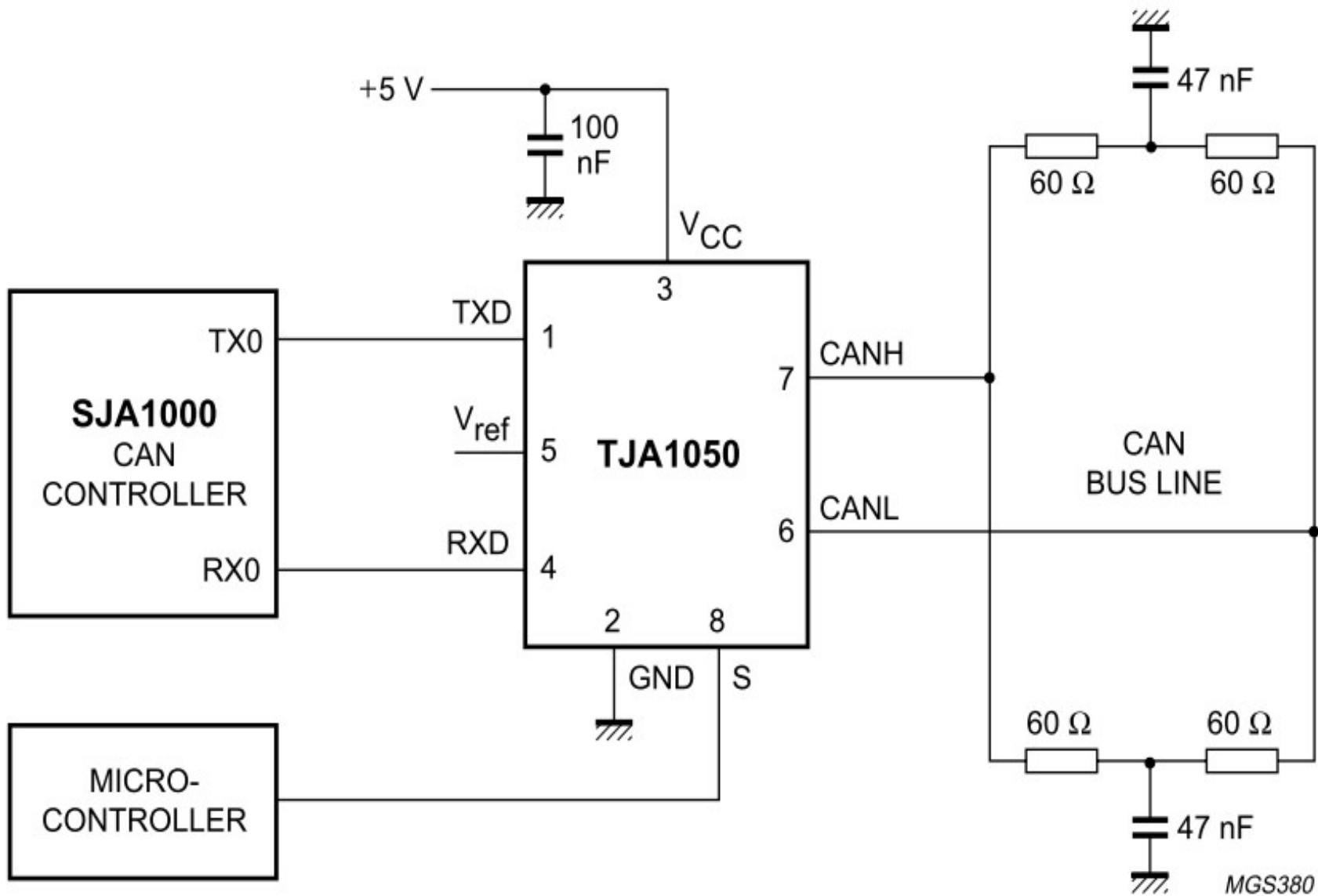
## ■ Fejlődések

- 5V-os vagy 3,3V-os
- Jobb EMC kompatibilitás (jobb jelalakformázás)
- Jobb zavarvédetség kikapcsolt módban
- Kontrollált idejű domináns állapot







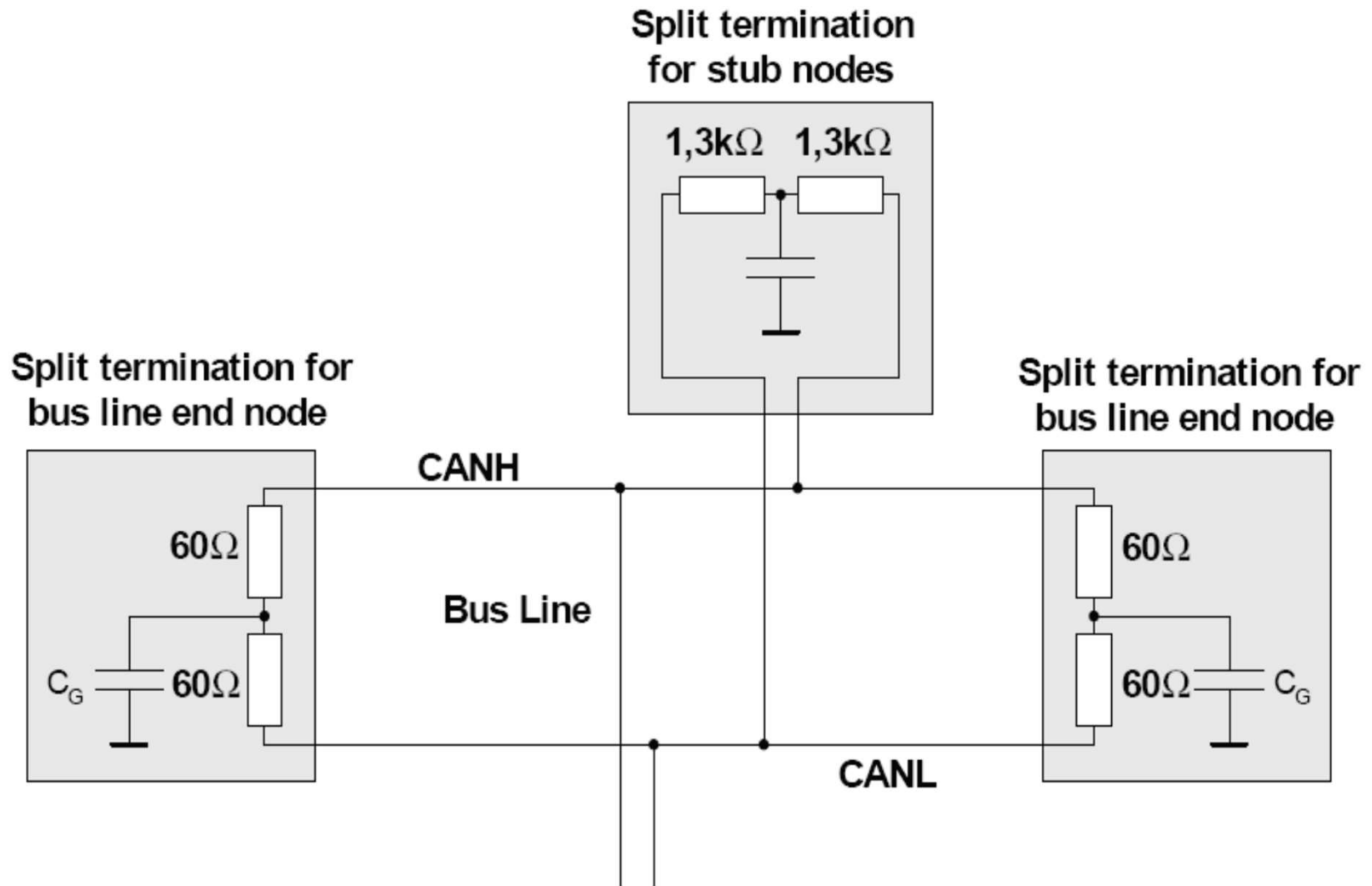


[http://www.nxp.com/documents/data\\_sheet/TJA1050.pdf](http://www.nxp.com/documents/data_sheet/TJA1050.pdf)

# Lezárás

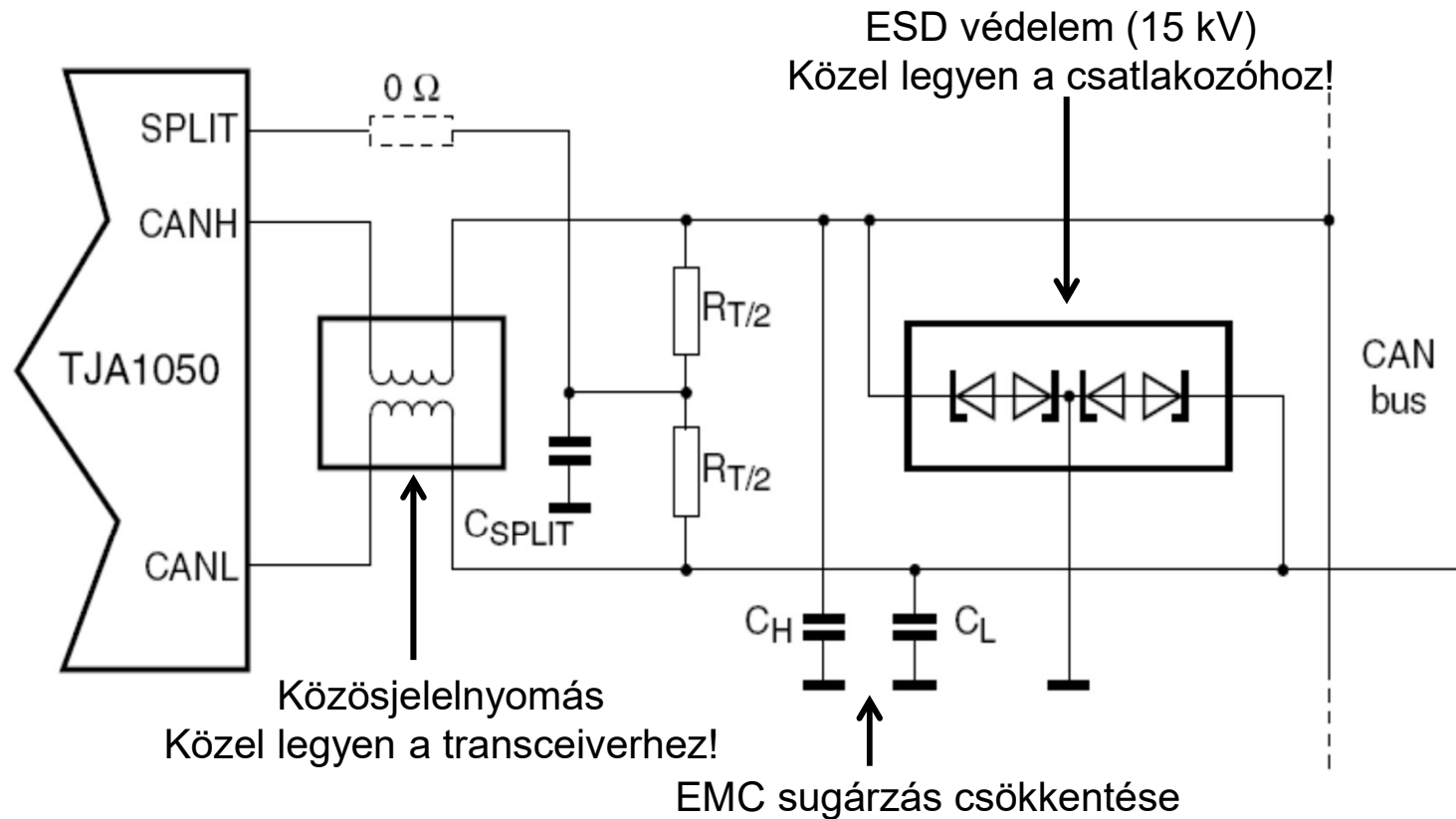
- Hullámimpedanciával
  - Meggátolja a reflexiókat.
  - Biztosítja a helyes DC feszültség szinteket.
  - Tipikus értéke: csavart érpárnál 100-120 ohm.

# Split termination



[http://www.nxp.com/documents/application\\_note/AN00020.pdf](http://www.nxp.com/documents/application_note/AN00020.pdf)

# Common mode choke + ESD protection



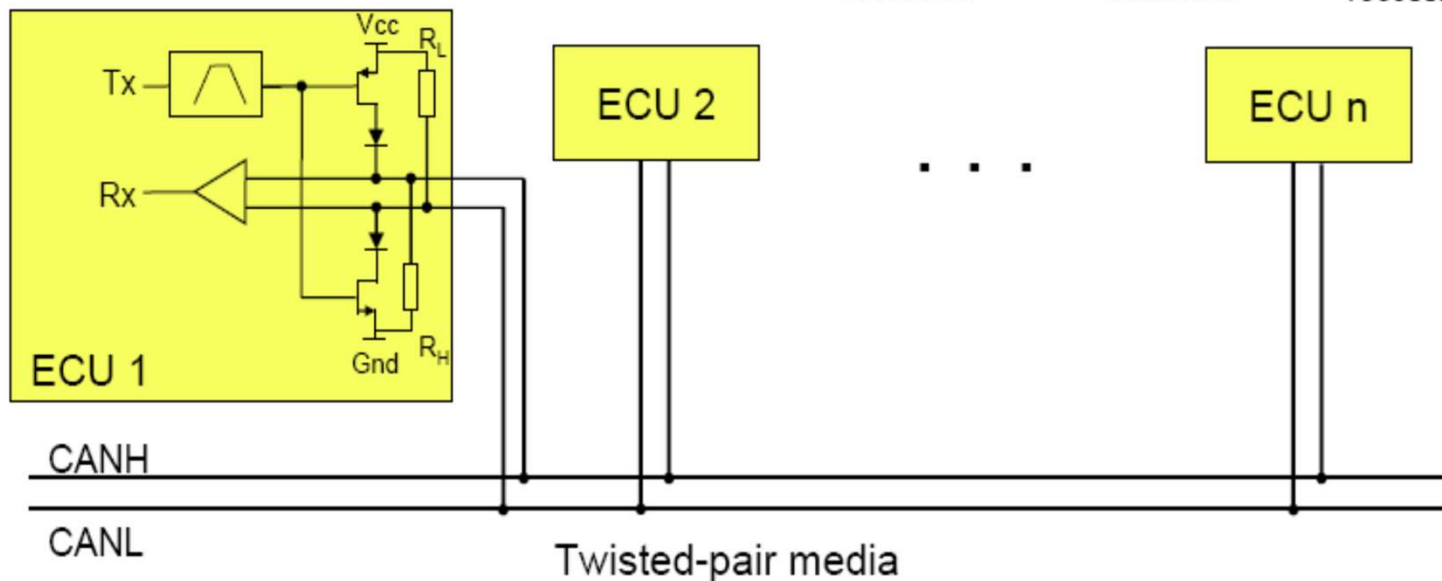
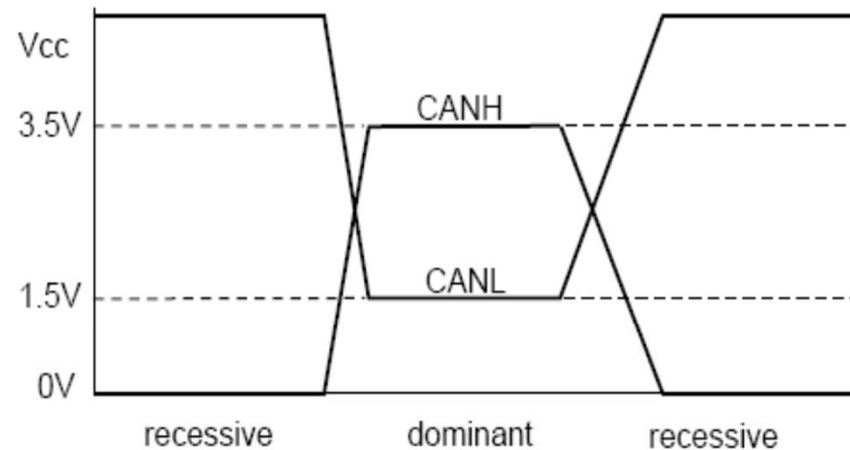
Common Mode Choke (i.e. B82789-C104)    Split Termination    Capacitors (Optional)    ESD protection diodes (e.g. NXP PESD1CAN)

[http://www.nxp.com/documents/application\\_note/AN00020.pdf](http://www.nxp.com/documents/application_note/AN00020.pdf)

# Fault-tolerant CAN

# Fault-tolerant CAN (ISO 11898-3)

- Flexible bus topology
- $\leq 125$  Kbps bit rate
- Autoswitch to Single-ended  
Receive on Bus fault
- 40 m max bus length
- Maximum of 32 nodes

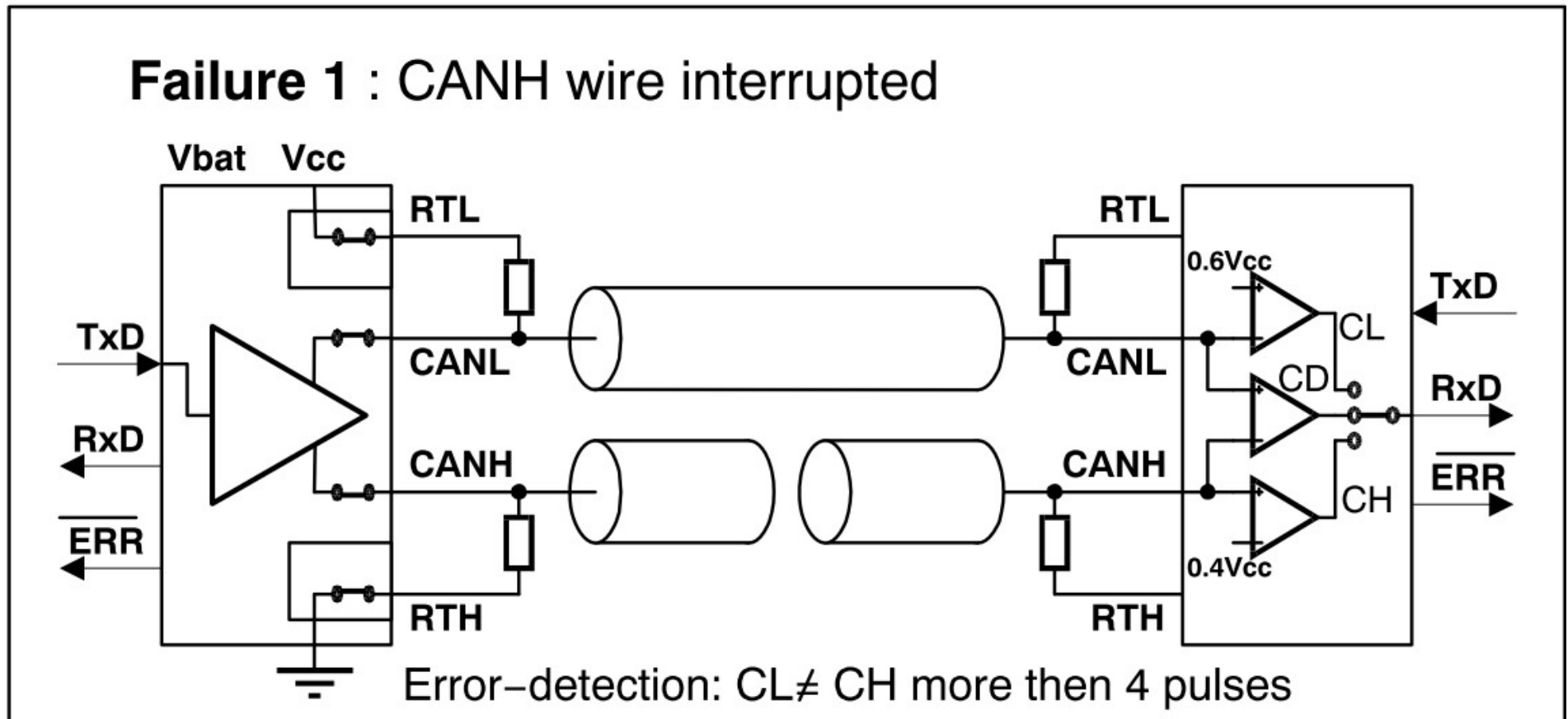


Source:  
Rudan Bettelheim  
Senior Systems Engineer  
Freescale Technology  
Forum  
2005 Bangalore

# Hibamodel

- 1. CANH wire interrupted
- 2. CANL wire interrupted
- 3. CANH short-circuited to battery
- 4. CANL short-circuited to ground
- 5. CANH short-circuited to ground
- 6. CANL short-circuited to battery
- 7. CANL mutually shorted to CANH

# 1. CANH wire interrupted

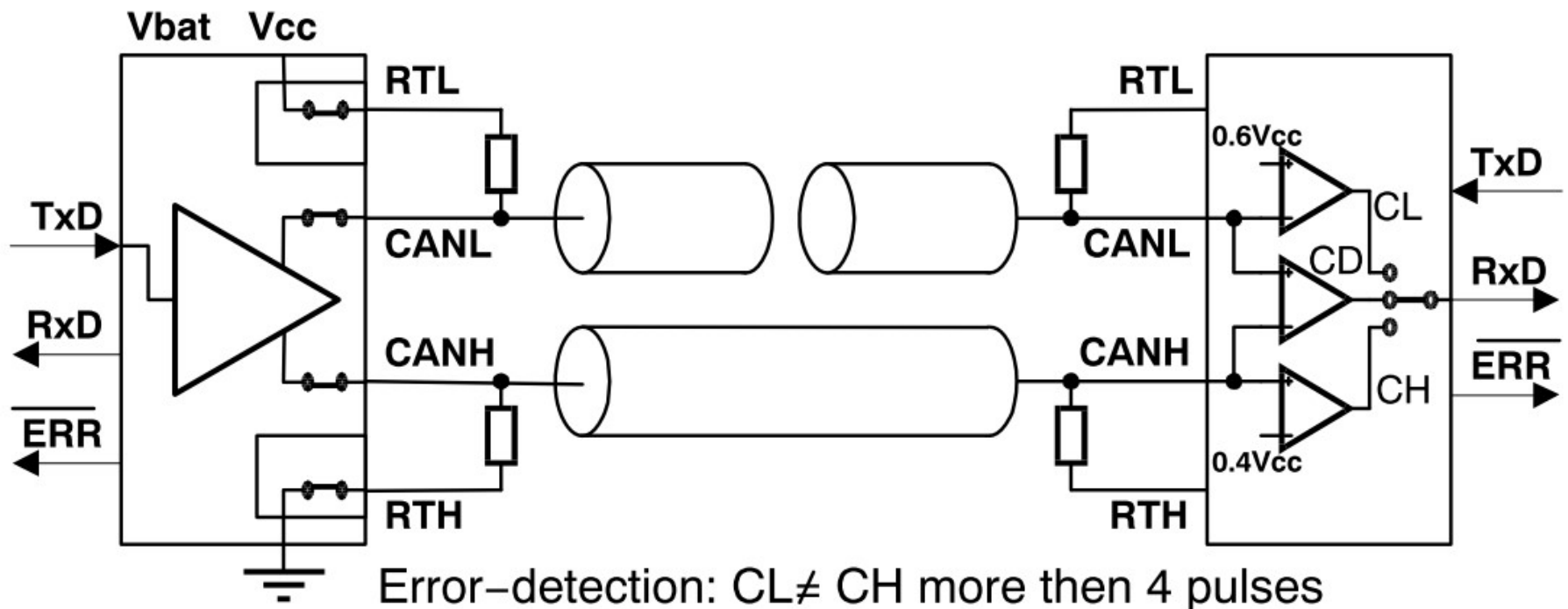


Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>



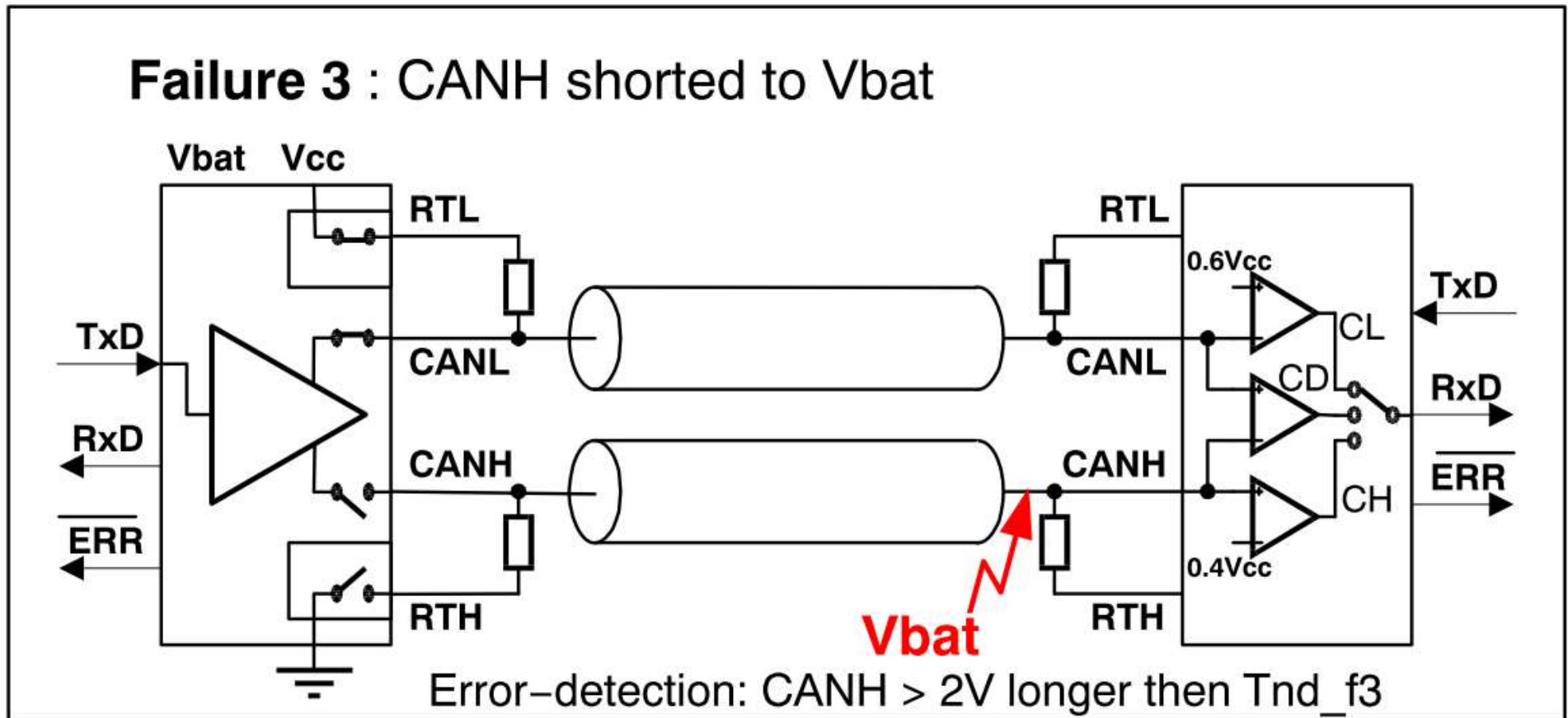
# 2. CANL wire interrupted

## Failure 2 : CANL wire interrupted



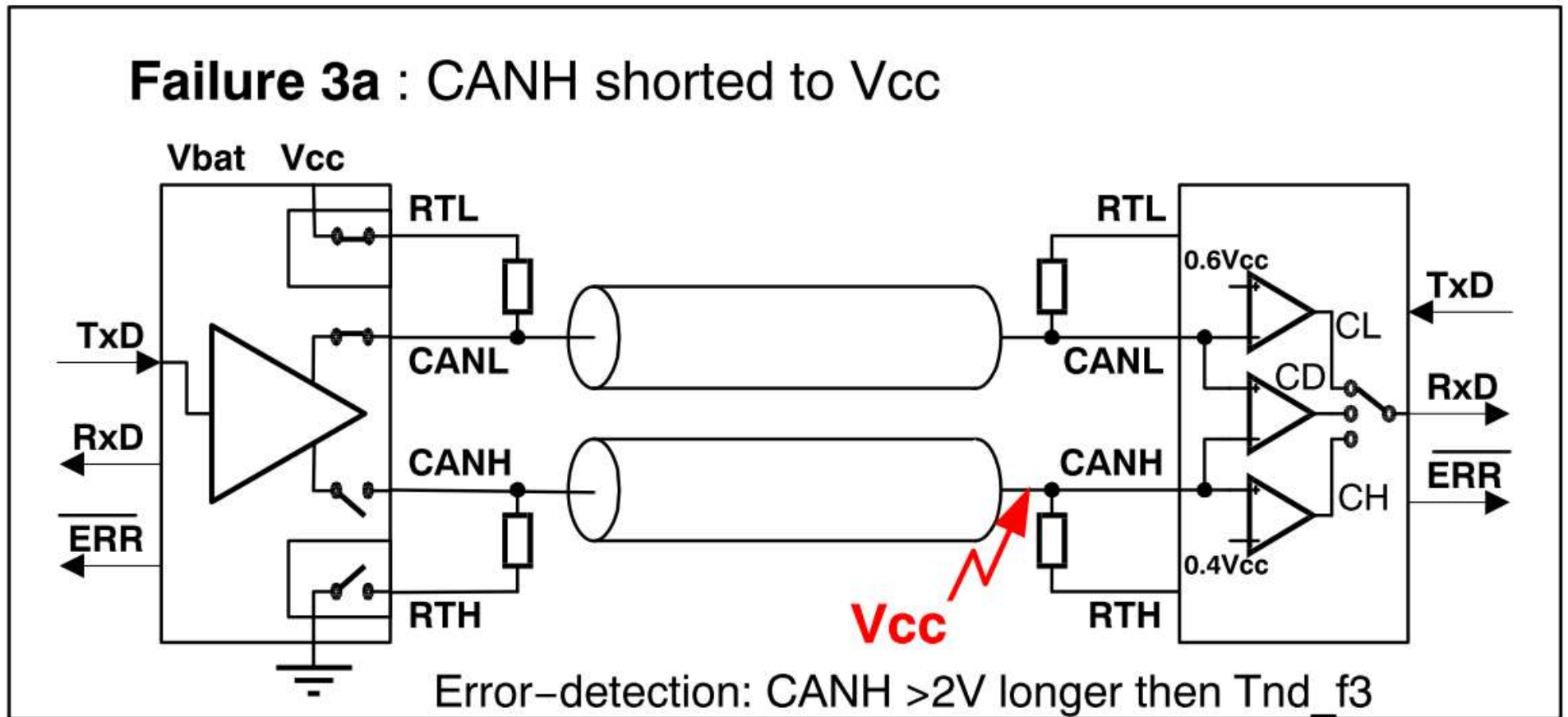
Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

# 3. CANH short-circuited to battery



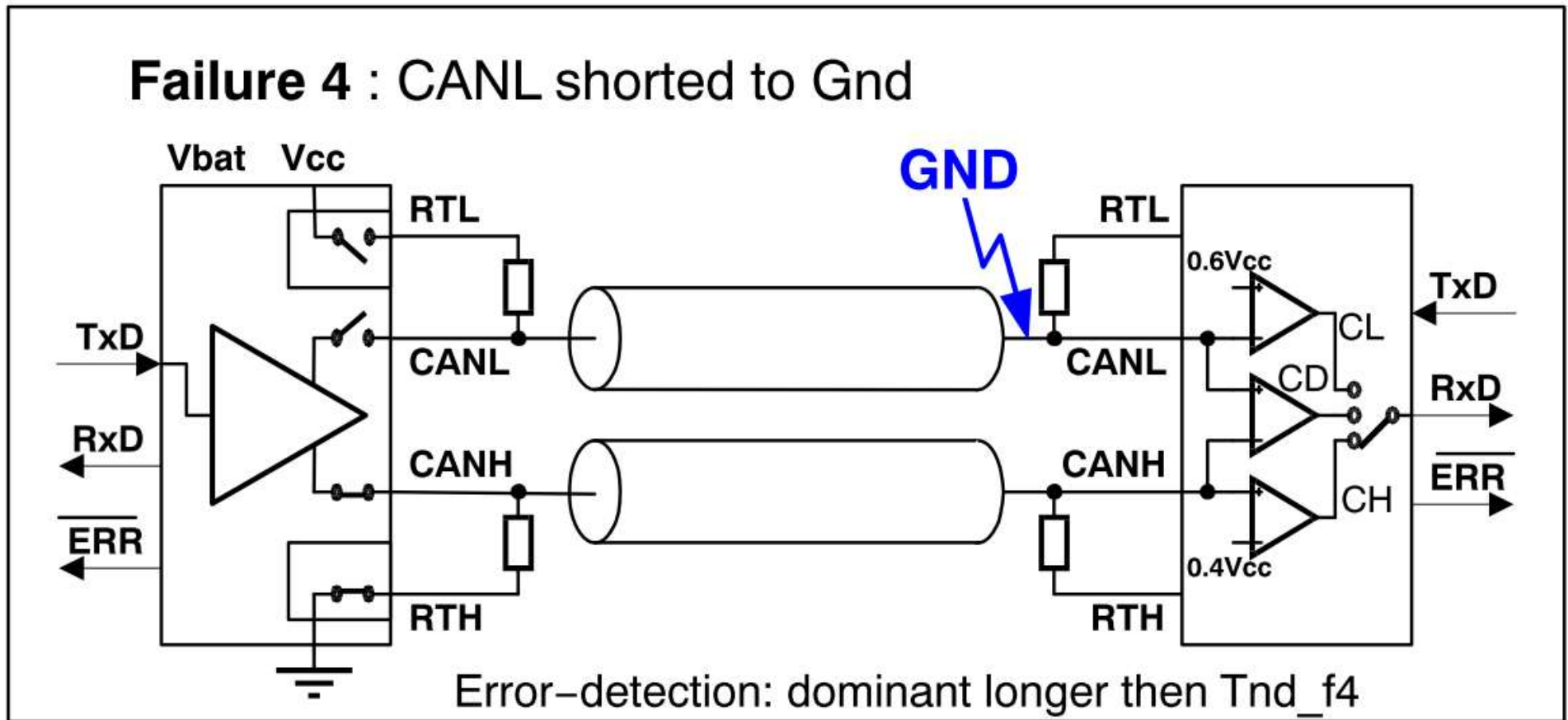
Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

# 3.a CANH short-circuited to Vcc



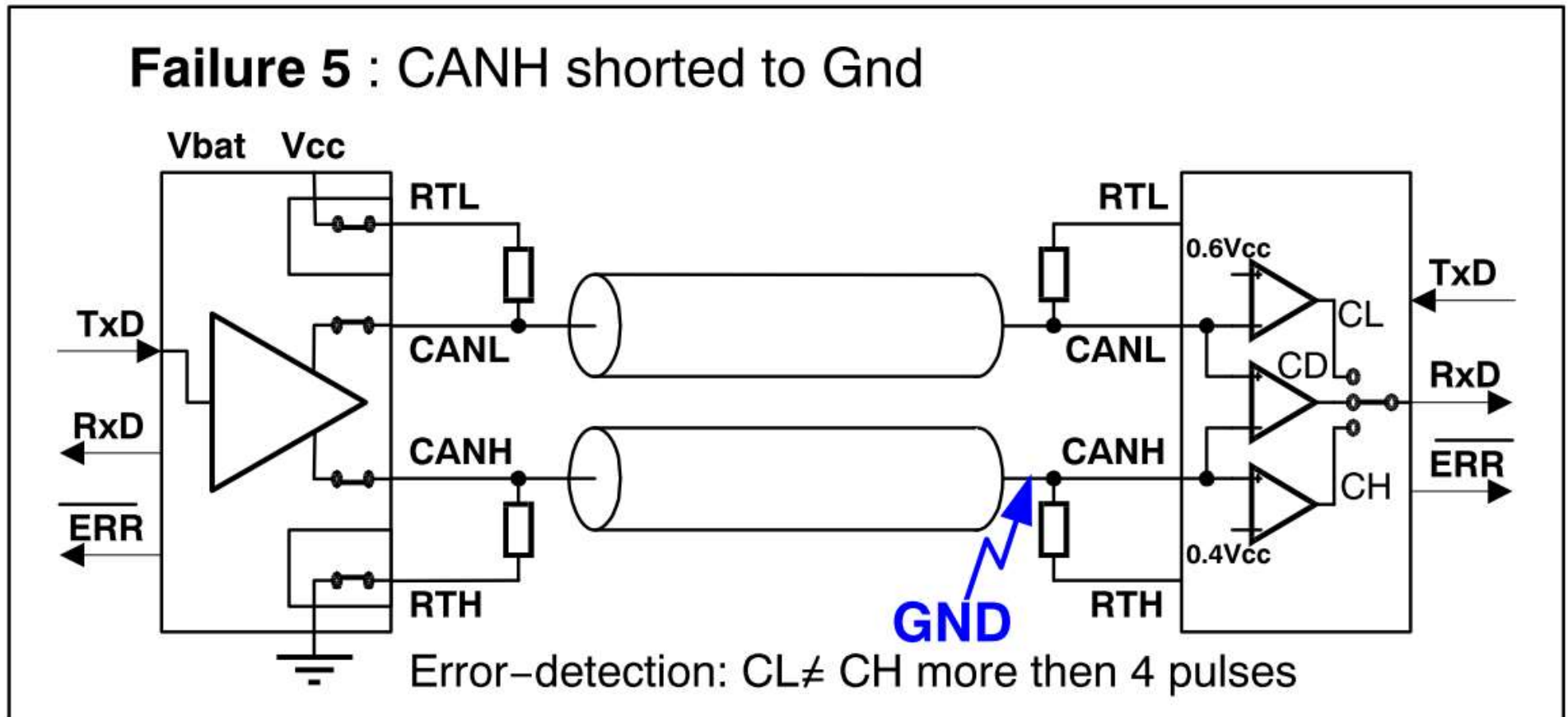
Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

# 4. CANL short-circuited to ground



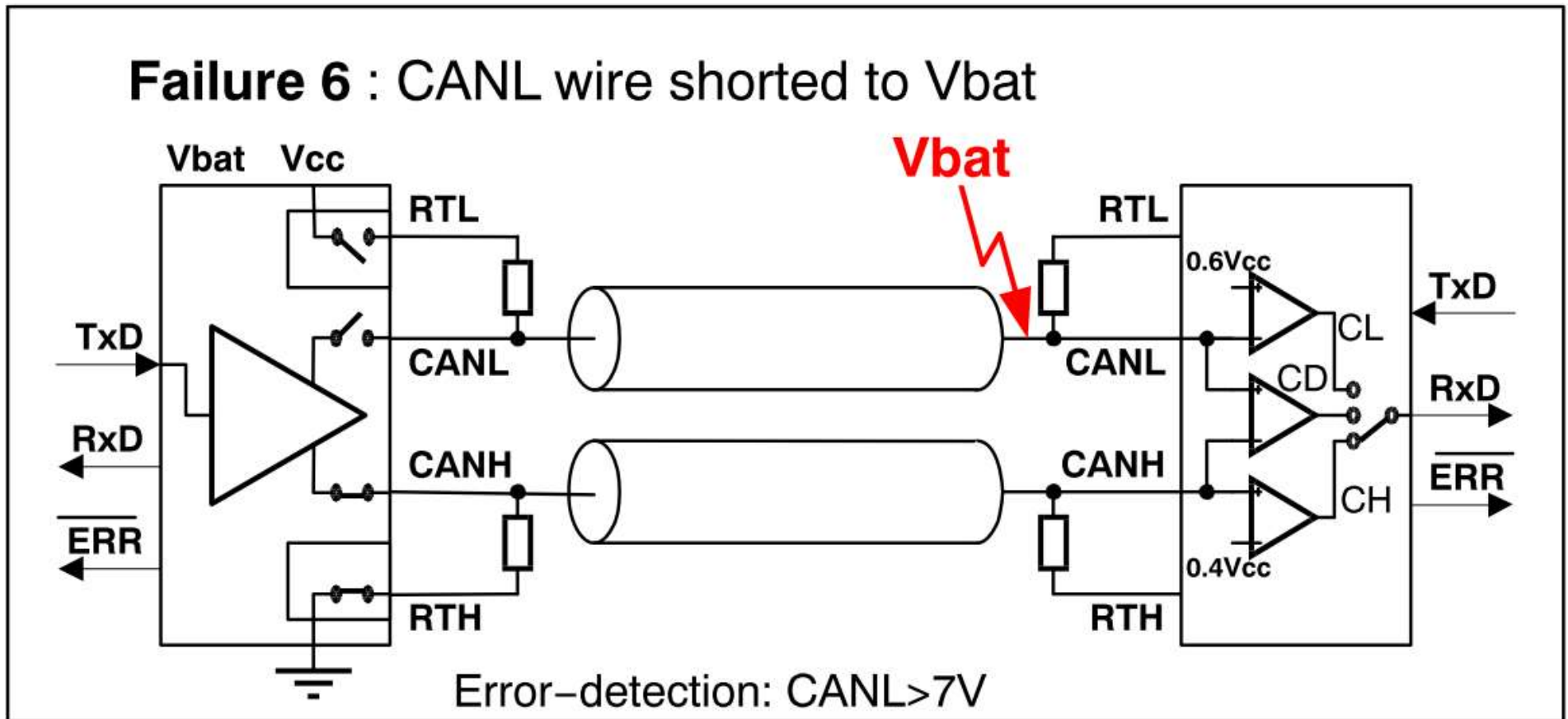
Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

# 5. CANH short-circuited to ground



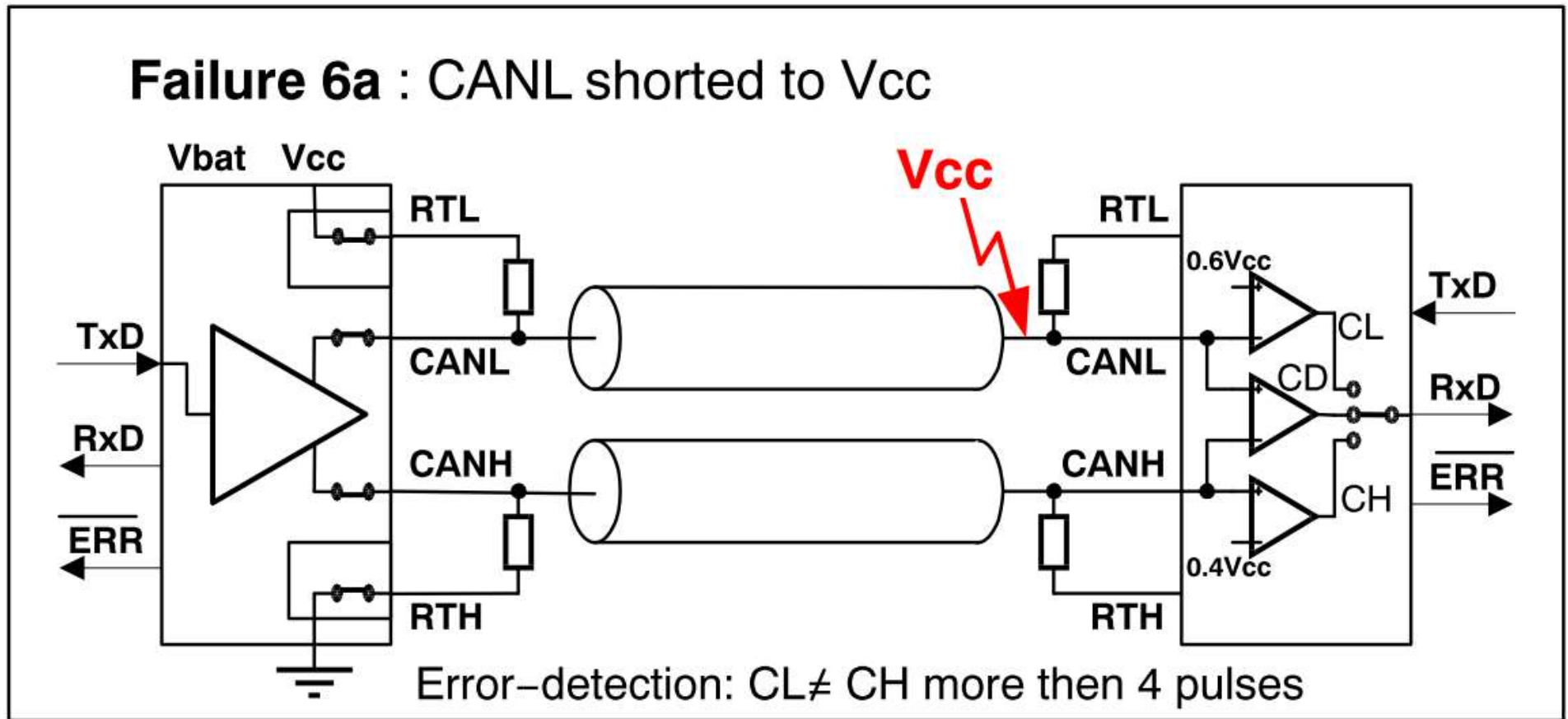
Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

# 6. CANL short-circuited to Vbat



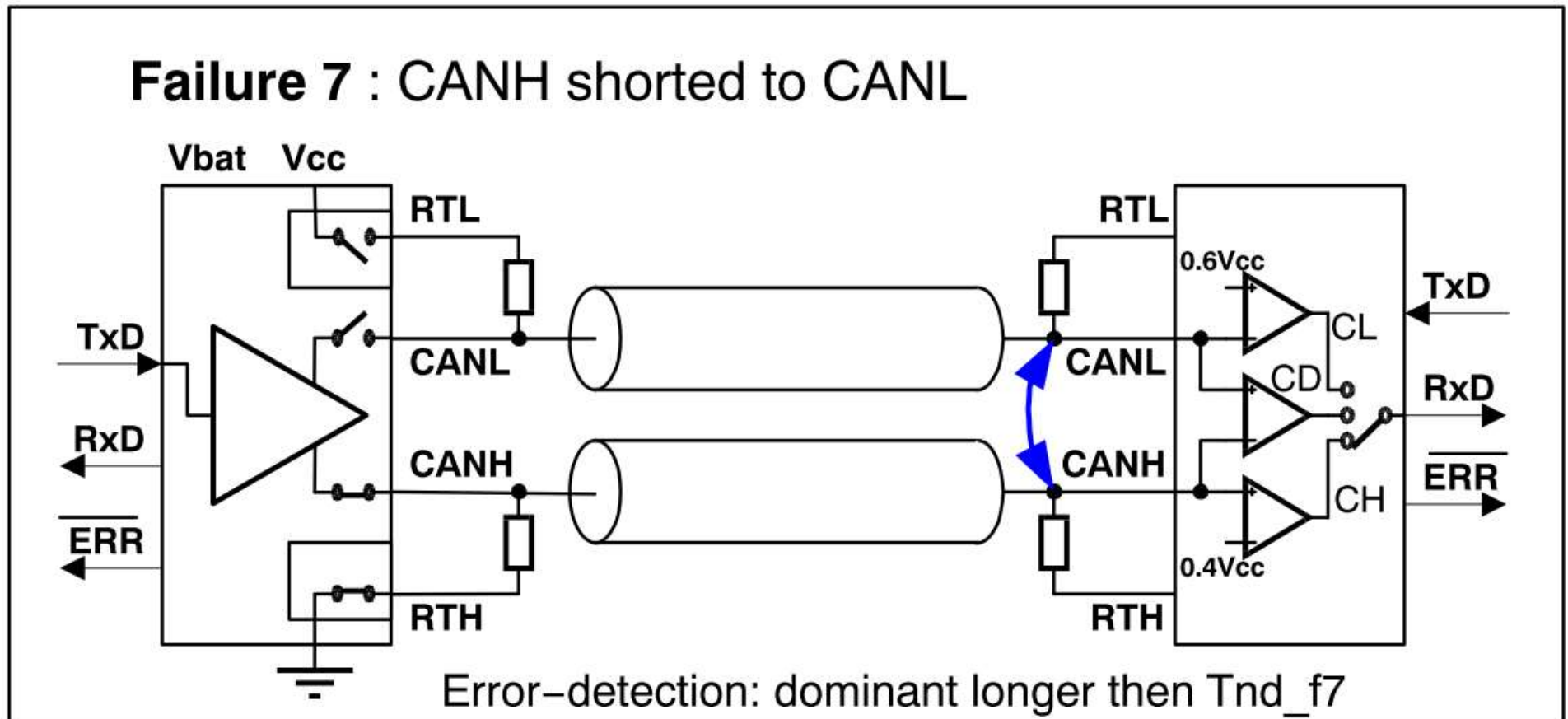
Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

# 6.a CANL short-circuited to Vcc



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

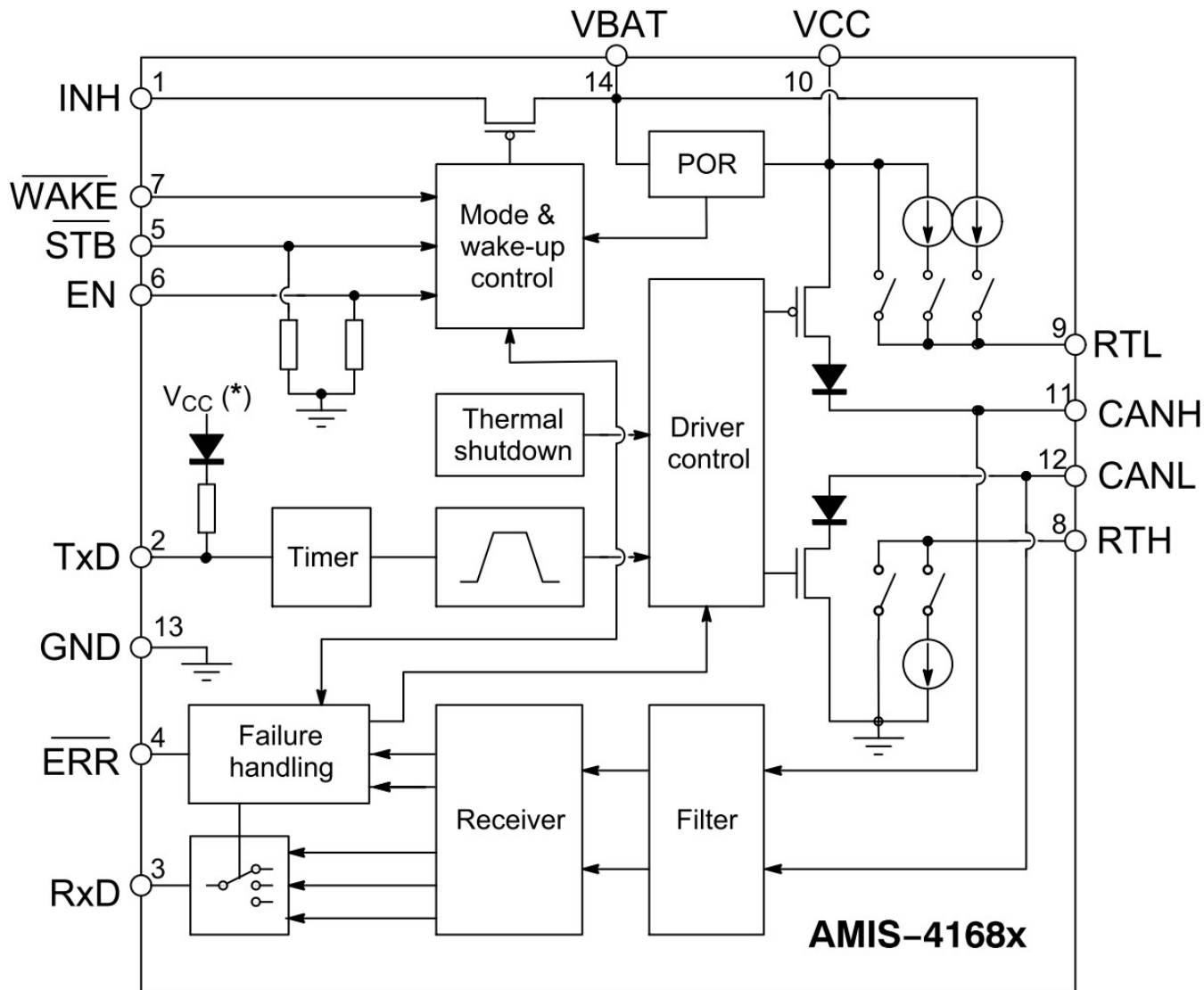
# 7. CANL mutually shorted to CANH



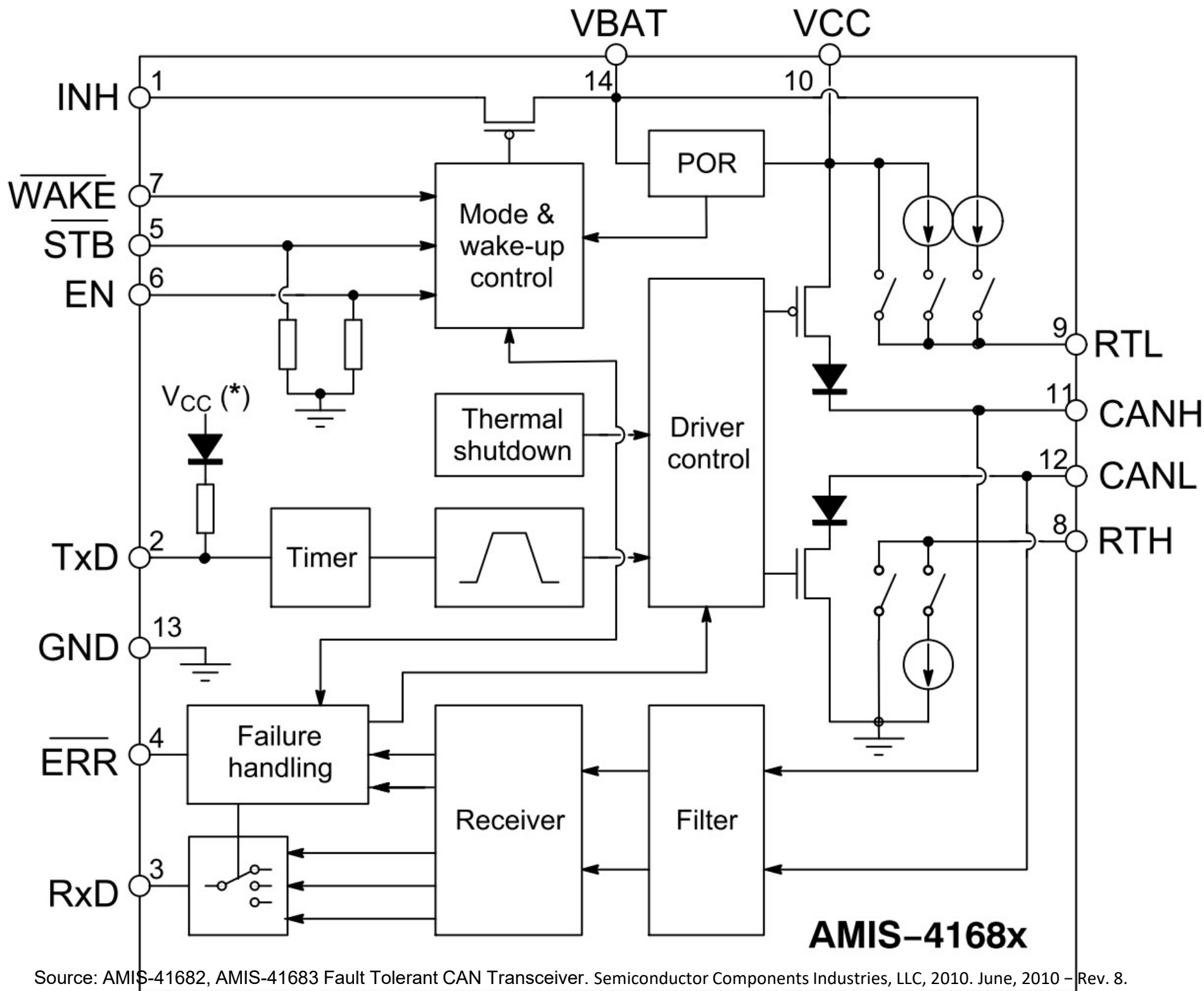
Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>



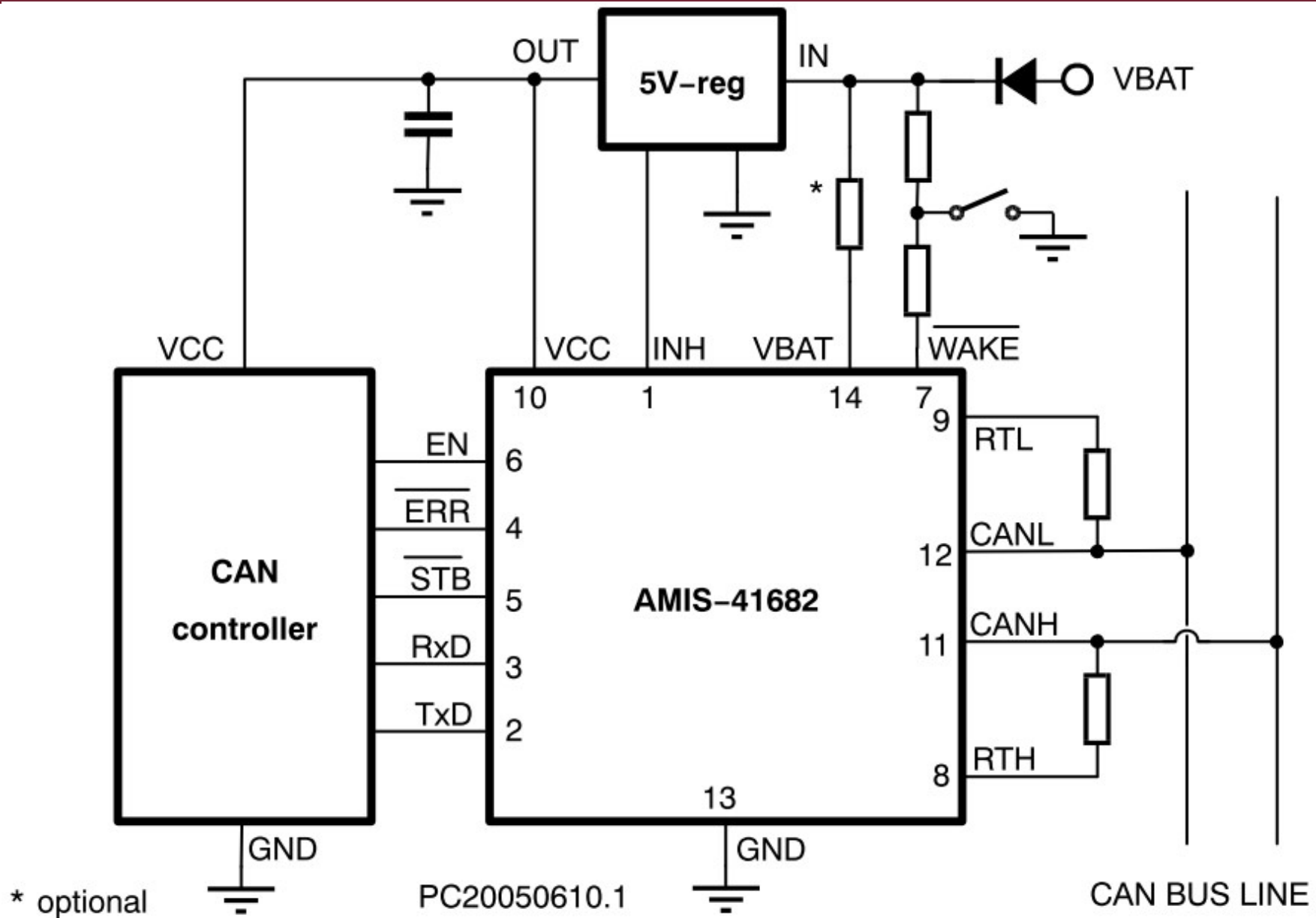
# Példa: fault-tolerant CAN transceiver



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

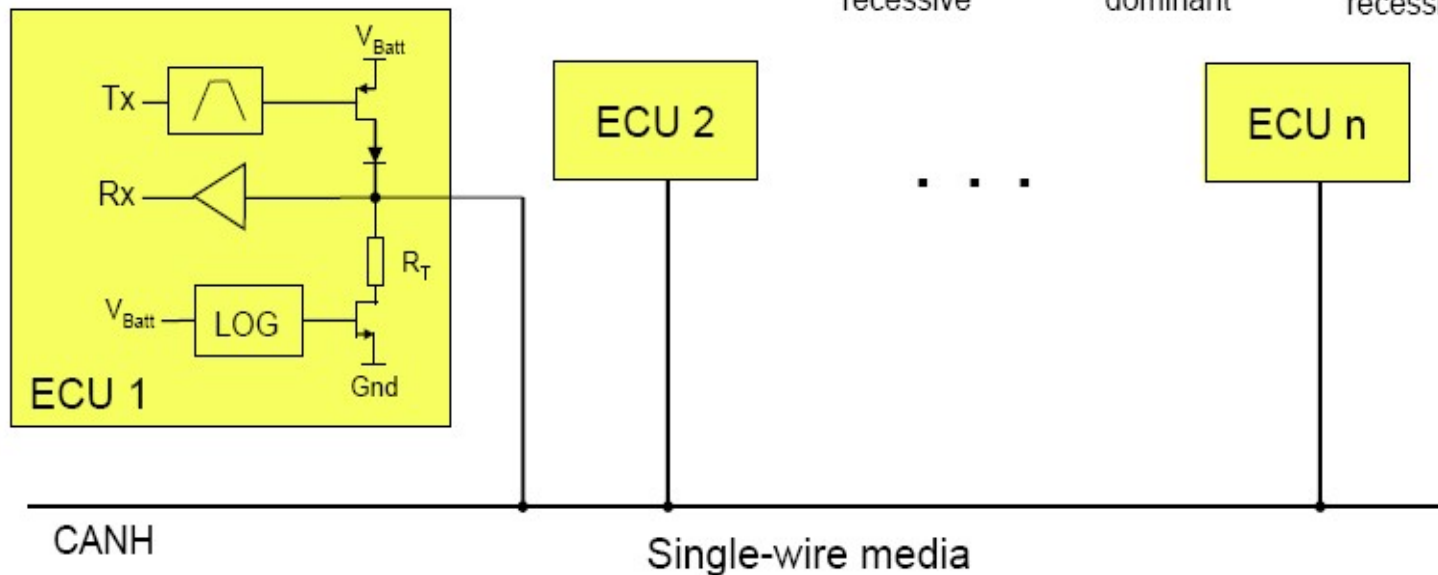
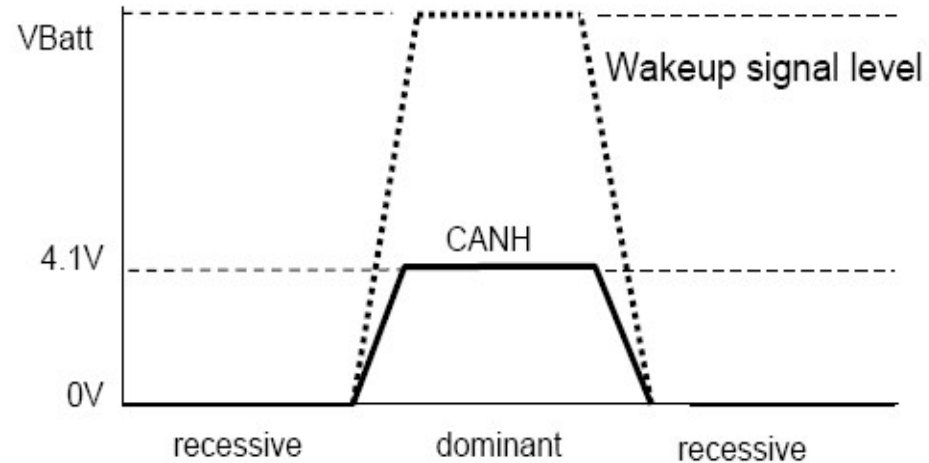


Source: AMIS-41682, AMIS-41683 Fault Tolerant CAN Transceiver. Semiconductor Components Industries, LLC, 2010. June, 2010 – Rev. 8. <http://onsemi.com>

# Single-wire CAN

# Single-wire CAN (SAE J2411)

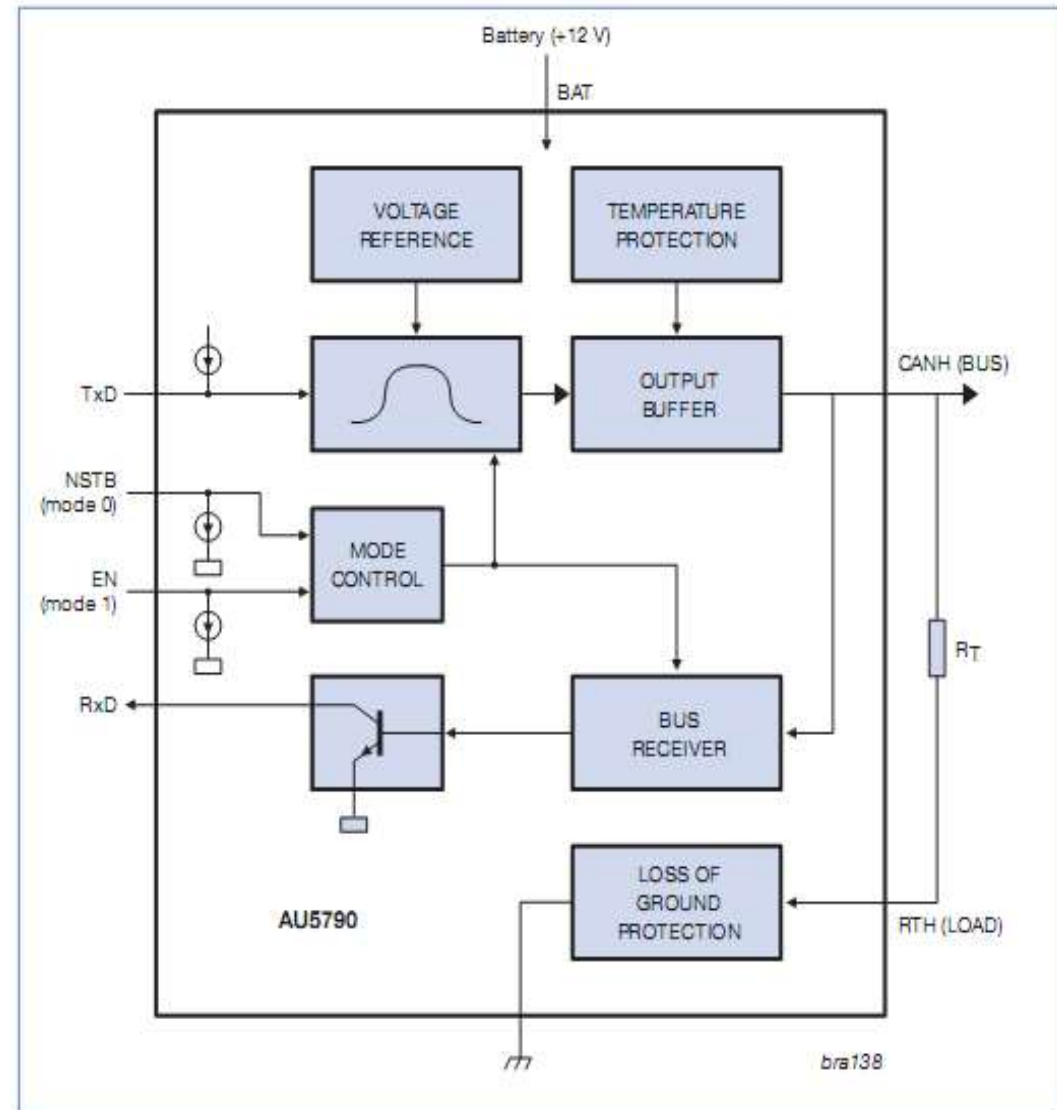
- Flexible bus topology
- 33.33 Kbps bit rate
- High voltage Wakeup
- 40 m max bus length
- Maximum of 32 nodes

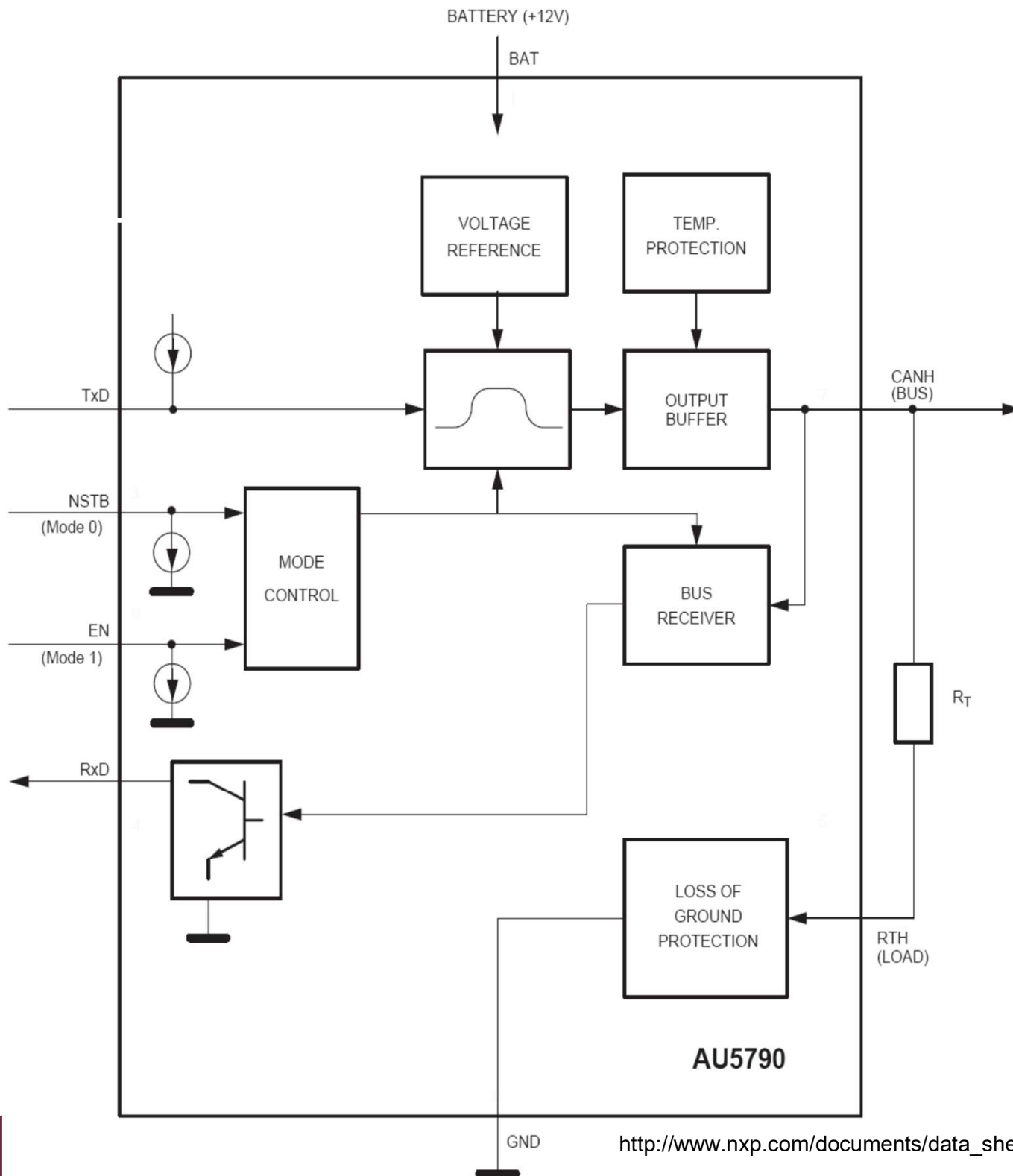


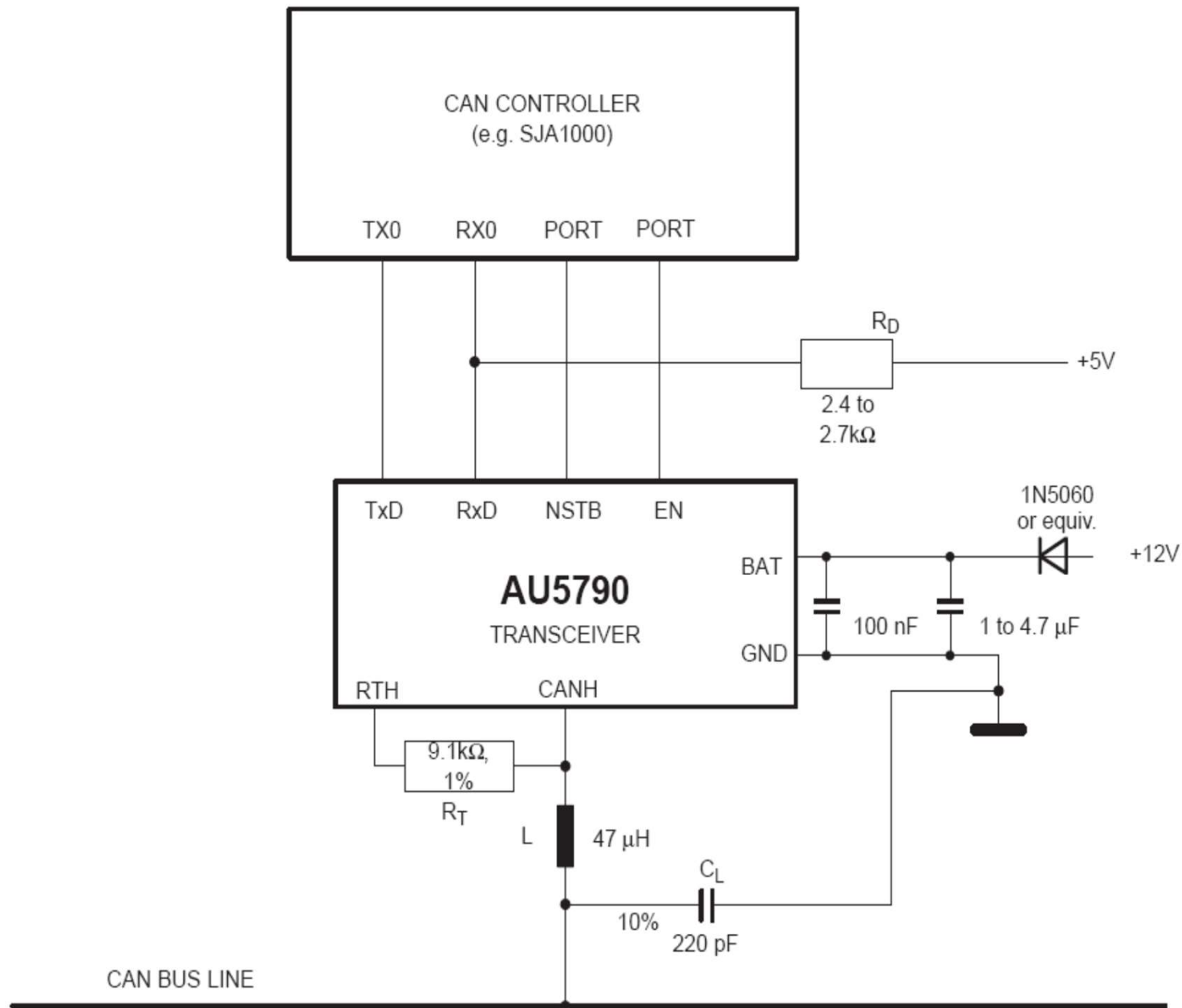
Source:  
Rudan Bettelheim  
Senior Systems Engineer  
Freescale Technology  
Forum  
2005 Bangalore

# CAN – One wire

- Védett földhiba ellen
- Kisebb költség
- Kisebb fogyasztás







[http://www.nxp.com/documents/data\\_sheet/AU5790.pdf](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

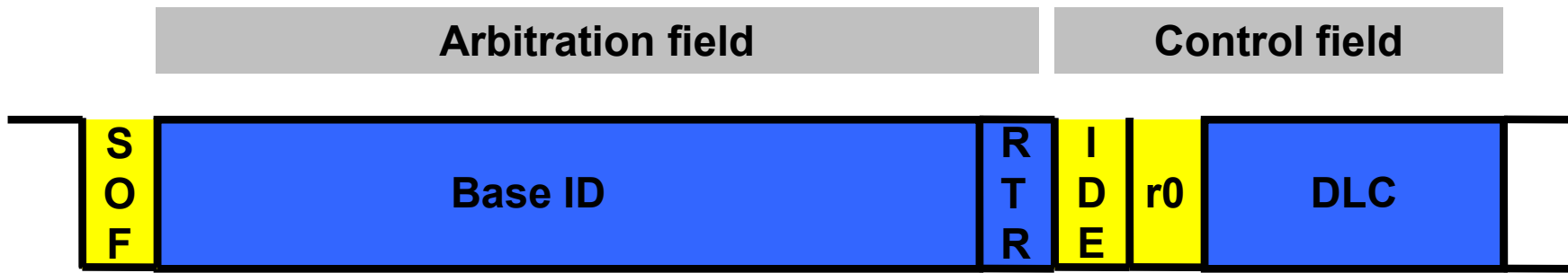




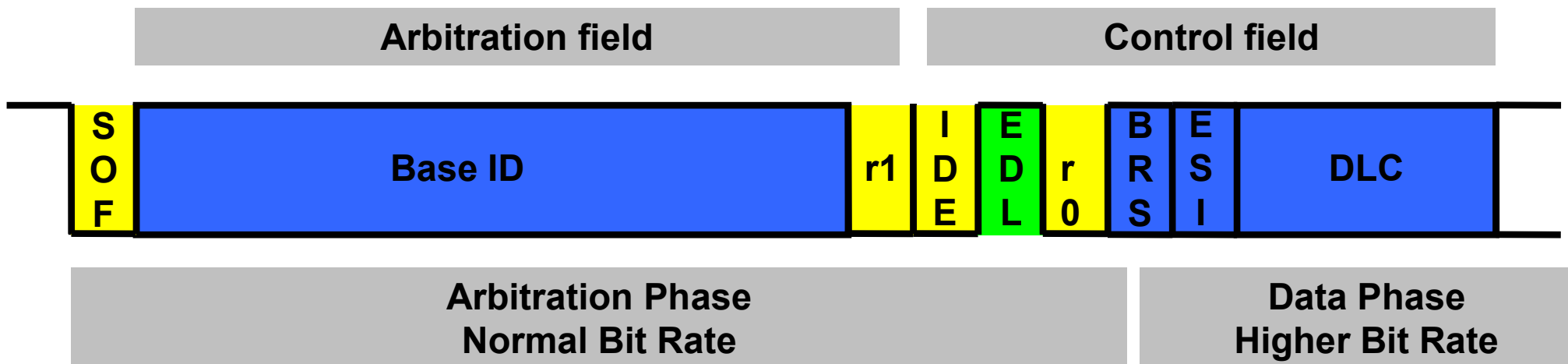
# CAN FD – Flexible Data Rate

# 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 – Data Length (0-64 byte)

	Number of Data Bytes	Data Length Code			
		DLC3	DLC2	DLC1	DLC0
<b>Codes in CAN and CAN FD Format</b>	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
<b>CAN Format</b>	8	1	0/1	0/1	0/1
<b>Codes in CAN FD Format</b>	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 üzenetek és signalok

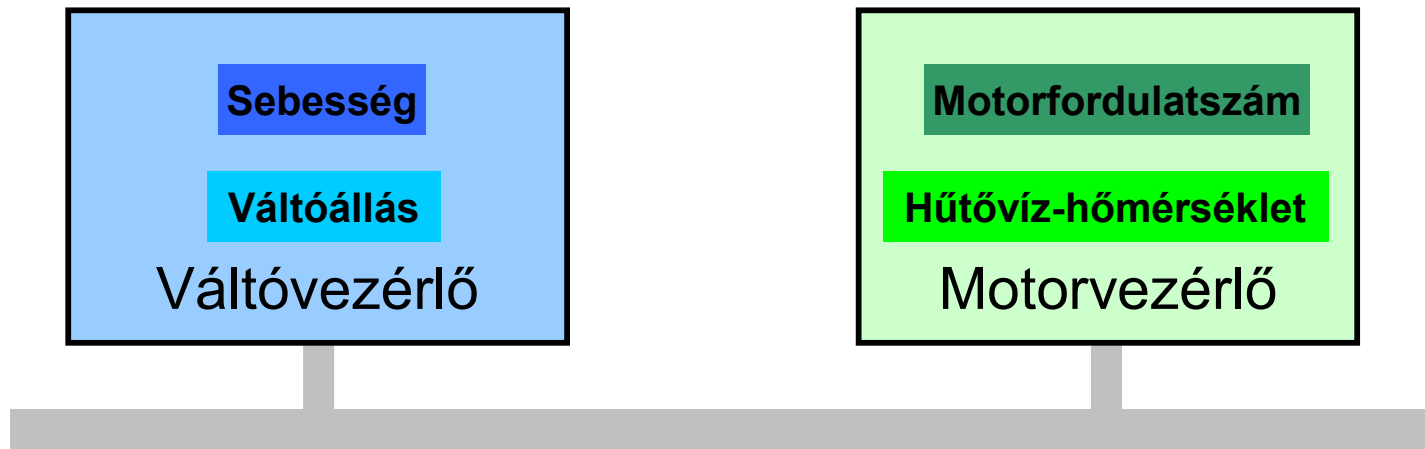
# CAN üzenetek (message-ek)

- 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

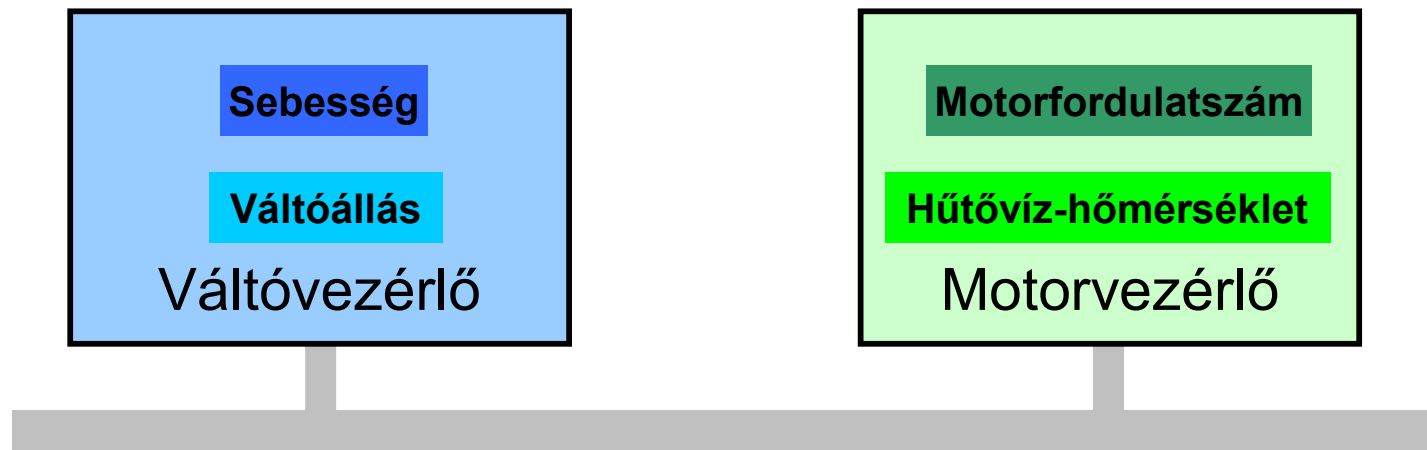
- Signal: valamilyen változó értéke
- Hossza: 1–64 bit
- Egy CAN üzenet (message) több signalt is tartalmazhat.

# 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

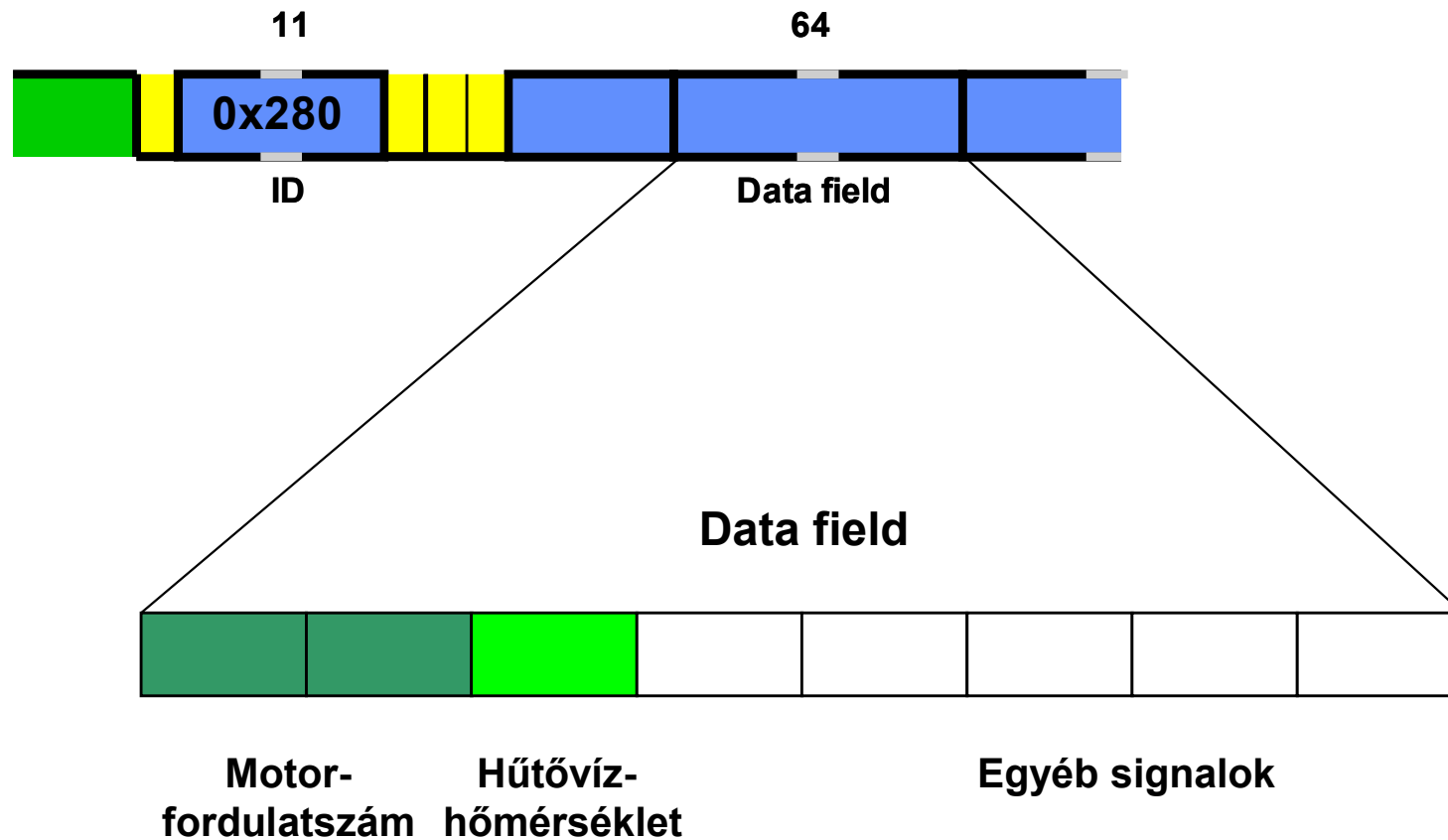


Signal neve	Min-max	Mértékegység	Konverzió	Nyers adat mérete
Sebesség	0 – 250	km/h	$y = x * 4$	10 bit
Váltóállás	-1 – +5		$y = x + 1$	3 bit
Motorfordulatszám	0 – 10000	RPM	$y = x$	16 bit
Hűtővíz-hőmérséklet	-20 – 100	C fok	$y = (x+20) * 2$	8 bit



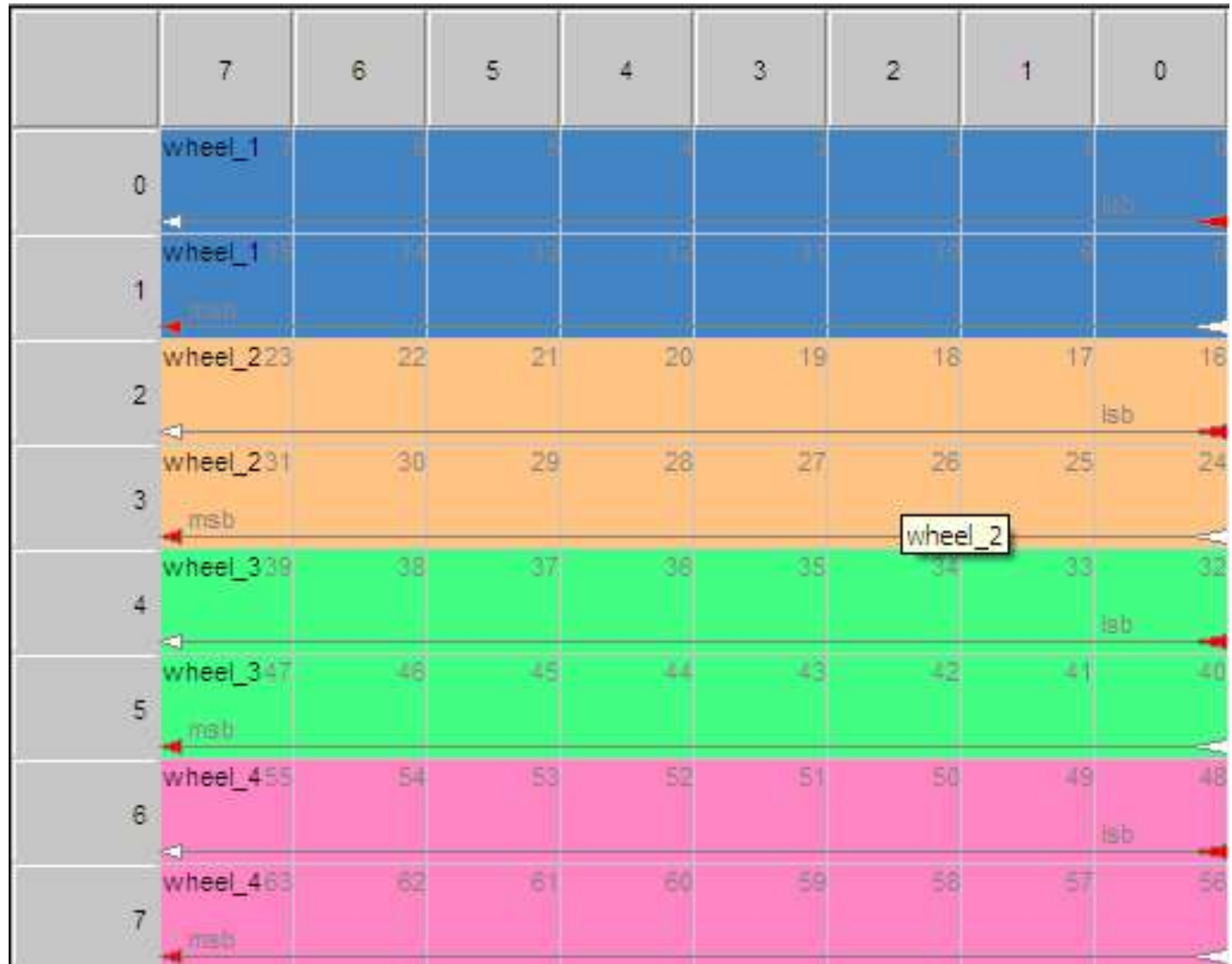
# Példa: message és signalok

## Motor üzenet, ID=0x280



# Példa: message és signalok másként

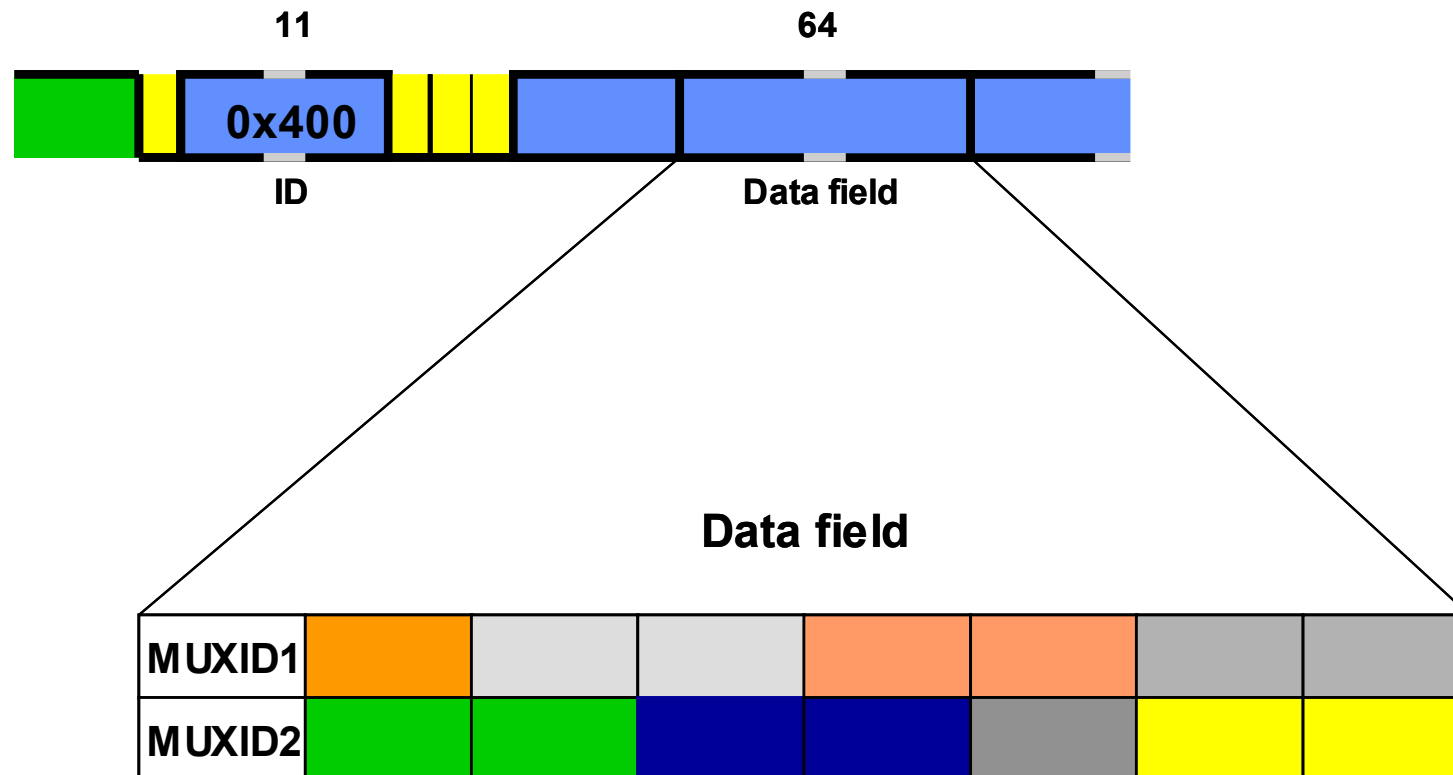
Message:  
Wheel speed,  
ID=0x420



# Multiplexelés

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

# Multiplexed message



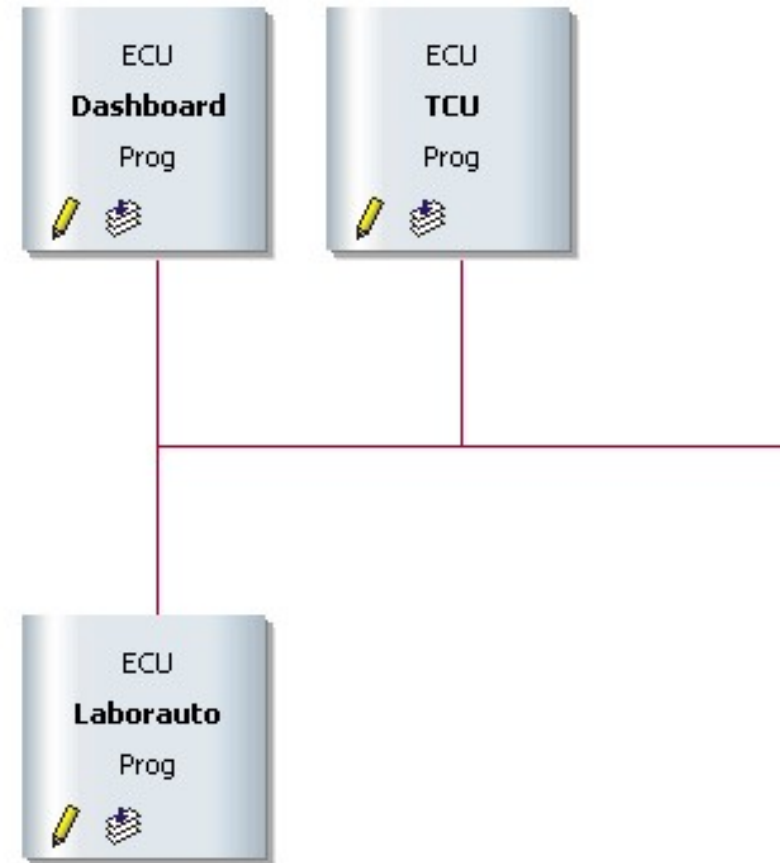
# CAN adatbázis/mátrix

# CAN adatbázis és mátrix

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

# CAN mátrix: 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
- ...

# Vége