

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

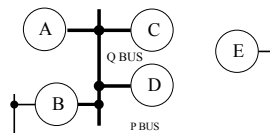
Ústav automobilovej mechaniky

Oddelenie elektroniky, mikropočítačov a PLC systémov (OAEM)

Elektronické systémy automobilov (ELSA)

Zbernicové systémy automobilu

Zbernice



Zbernica - BUS

- vodiče, ktoré slúžia na prepojenie viacerých zariadení
- umožňuje spojenie každého s každým,
- vysielat' údaje na zbernicu môže v danom okamžiku len jedno zariadenie. Ostatné zariadenia, schopné vysielat' sa prepnú do tretieho stavu - do stavu vysokej impedancie.
- štandard ako vyrábať rozširujúce moduly pre dané zariadenie

1

Parametre zbernic:

- **Frekvencia**[Hz] - prevrátená hodnota doby trvania jedného cyklu zbernice [sek].
- **Prenosová rýchlosť** [b/s, resp. Mb/s] (cez jeden vodič, resp. cez celú zbernicu) udáva **množstvo údajov**, ktoré je možné preniesť za **jednotku času**.
- **Šírka zbernice** [počet bitov]

Technické parametre:

- maximálna dĺžka, rozmery konektorov, charakteristické impedancie,
- spôsob budenia (trojstavový výstup, otvorený kolektor),
- zaťažiteľnosť
- ...

Klasifikácia zbernic

Podľa spôsobu riadenia:

- Zbernice typu **SINGLE-MASTER** – vo funkcii zariadenia riadiaceho chod zbernice, je procesor. Procesor je **Master**. Ostatné zariadenia, pamäte a I/O obvody sú vo funkcii **Slave**.
- Zbernice typu **MULTI-MASTER** - na zbernicu je pripojených **viacero zariadení**, ktoré môžu **riadit' zbernicu**. Súčasne len **jedno** zariadenie môže riadiť zbernicu. Problémom tohto typu zbernice je pridelovanie zbernice pri súčasných požiadavkách. Riešením je **arbitrácia zbernice**.

Podľa tvaru prenášaných údajov:

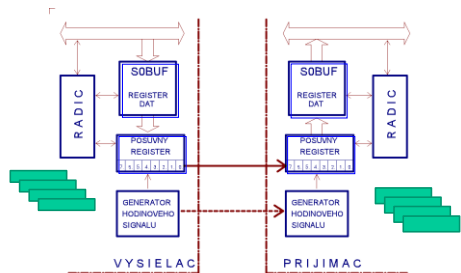
- **Sériové**: - Informácia sa prenáša **bit po bite**.
- **Paralelné**: v jednom cykle zbernice sa prenáša **viacbitové slovo** (8, 16, 32, 64 - bitov).



3

4

Sériový prenos údajov



Výhody: Menší počet vodičov

Nevýhody: „rozloženie“- „zloženie“

Obvod: UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

Charakteristiky prenosových systémov

Sériové zbernice

Smer toku dát:

Simplex (jednosmerne): data sú prenášané **jedným smerom**.

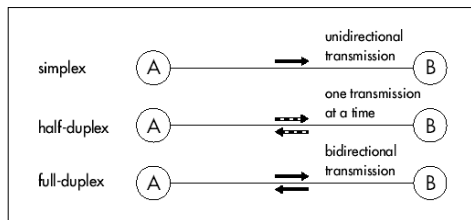
Half-duplex (polovičný duplex): Prenosové stanice sa vymieňajú pri posielaní dát. „Prepínač smeru vysielania“ Pri prenose sa využíva tzv. HANDSHAKING (hardvérový a softvérový) – dohodnutý spôsob potvrdzovania prenosu.

Full-duplex (plný duplex) (duplex - obojsmerná prevádzka):

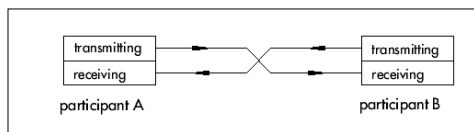
Data môžu byť posielané oboma smermi súčasne.

Ako prenosové médium sa používajú dva páry vodičov.

6



A, B sú účastníci komunikácie



7

Rýchlosť prenosu

Počet prenesených bitov za jednotku času [bit/s; bps]

Modulačná rýchlosť – Baud rate. [Baud - Bd]

Baud rate – počet zmien úrovne signálu za sekundu.

Pre dvojstavovú moduláciu platí:

Prenosová rýchlosť [bps] = Baud rate [Bd]

Štandardne používané rýchlosti sú:

(50, 110, 300, 600, 1200)

2400, 4800, **9600**,

14400, 19200, 28800, 38400, 57600, 76800, 115200 Bd, bps.

Dĺžka vedenia (RS232): 15m (2500pF pri 19200Bd)

? $f_{osc} = 11.0592\text{MHz}$?

8

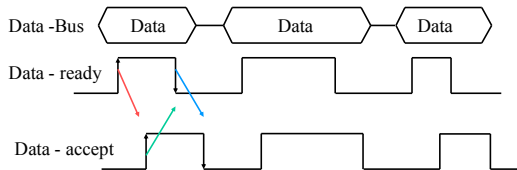
Podľa synchronizácie prenosu:

Synchrónne:

- prenos je synchronizovaný **hodinovým signálom**.
- výhoda - **rýchlejšie** ako asynchrónne. Vhodné pre zariadenia pracujúce na **rovnakej frekvencii**. Pr.: PCI zbernica

Asynchrónne:

- prenos je **riadený jednostranne**, napr. vysielateľom.
- **handshaking** („výzva“ – „odpoveď“). **Pomalšie**, ale umožňujú spojiť **zariadenia pracujúce na rôznych frekvenciách**.

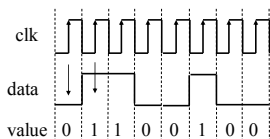
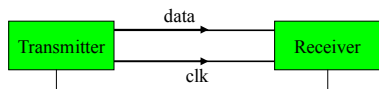


Asynchrónne časovanie zbernice - handshaking

10

Synchrónny a asynchrónny prenos dát (USART)

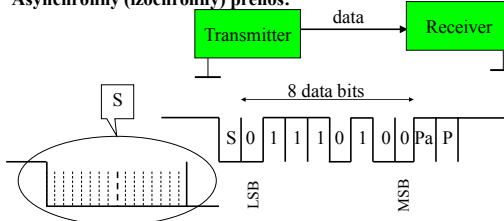
Synchrónny prenos: (minimálne dva vodiče)



11

Synchrónny a asynchrónny prenos dát (USART)

Asynchrónny (izochronný) prenos:



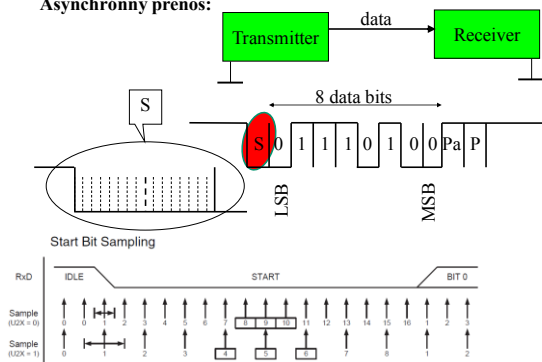
Výhody: **jeden (dva) vodič**

Nevýhody: treba zabezpečiť synchronizáciu vysielaním začiatku a konca vysielaného bytu, potreba dostatočne dlhého času na **synchronizáciu, pomalšie**

Kód	Počet dátových bitov na znak
Baudot	5
Trans code	6
ASCH	7
EBDCIC	8

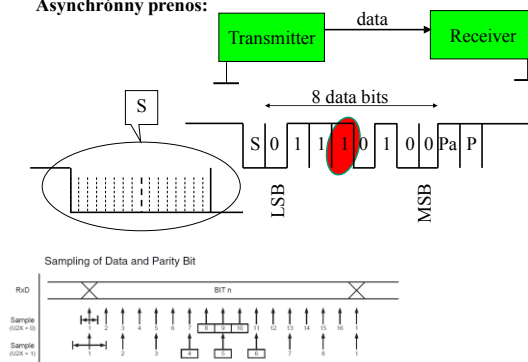
Synchronný a asynchronný prenos dát (USART)

Asynchronný prenos:



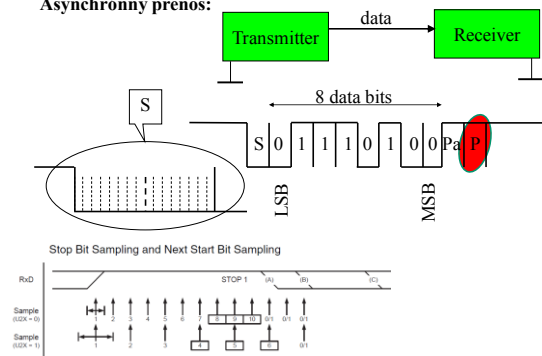
Synchronný a asynchronný prenos dát (USART)

Asynchronný prenos:

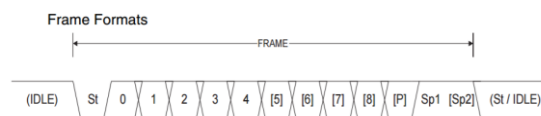


Synchronný a asynchronný prenos dát (USART)

Asynchronný prenos:

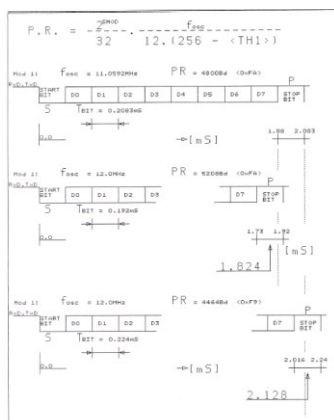


Prenos dát: formát jedného rámca



St – jeden start bit (log. „0“)
 D – dátové bity (5 až 8,(9) dátových bitov)
 Sp – jeden parity bit (päť typov parity).
 St – jeden alebo dva stop bity (log. „1“)

16



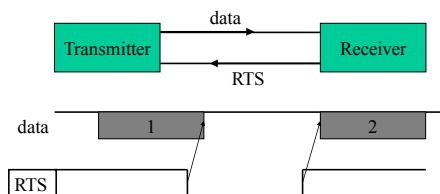
17

Handshaking - podmienený prenos dát.

- potvrdzovanie pripravenosti komunikovať.
- potvrdzovanie prijatia dát, ukončenie prenosu ...

Hardware-ový,

Software-ový (XON (11h)/XOFF (13h)) , predpokladá duplexný prenos



18

Detekcia chýb pri prenose. Poznáme 5 typov parity:

1. žiadna

2. EVEN parity	sum of all 1's must be even	3. ODD parity	sum of all 1's must be odd
data bits:	parity bit	data bits:	parity bit
0110 1100	0	0110 1100	1
0110 1101	1	0110 1101	0

4. Mark = „1“

5. Space = „0“

Chyba komunikácie:

Okrem chyby parity sa môžu objaviť ďalšie chyby:

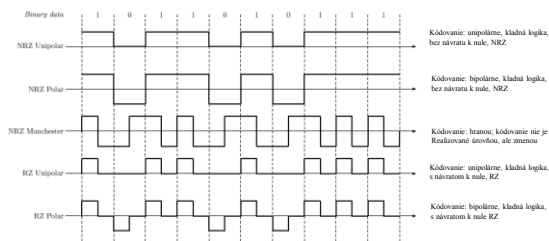
- preplnenie vstupného buffra na prijímacej strane.
- chyba rámca (napr. stop bit sa neobjaví tam kde by sa mal)

Najjednoduchšie: - zopakuj chybný prenos

- !!! Timeout !!!

19

Kodovanie:



Pozitívna logika (kladná logika) definuje log. „1“ ako kladnejšie napätie a log. „0“ ako zápornejšie napätie;

Negatívna logika – naopak.

21

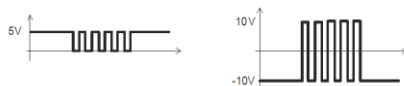
RS232 – V.24

Prenos dátových a riadiacich signálov:

- dáta v negatívnej logike (0: high; 1: low)
- riadiace signály v pozitívnej logike (1: high; 0: low)

Iné názvy signálov:

signál	log. „0“ - "Space"	log. „1“ - "Mark"
data	'0'	'1'
control signal	'1'	'0'
level	high	low
voltage range	+3 to +15 volts	-3 to -15 volts



Obmedzenie podľa RS232 F: $du/dt = 30V/\mu s$;

Dĺžka vedenia: < 2500 pF

22

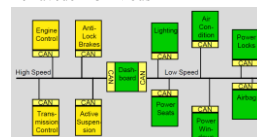
Zbernicové systémy automobilu:

Nákladná, zložitá elektroinštalácia s hrubými kábelovými zväzkami, a množstvom konektorov

Pred zavedením CAN-bus



Po zavedení CAN-bus



Jednoduchšia a prehľadnejšia elektroinštalácia, menšie konektory

22

Zbernicové systémy automobilu:

Sú rozdelené do skupín, s podobnou funkcionalitou a využívajúcich podobné informácie:

CAN –bus, D- bus, I-bus, K-bus, P-bus, M –bus, LIN-bus....
Zbernicové systémy sú nekompatibilné => Gateway.

Definície:

Zbernica – skupina vodičov, ktoré prenášajú sériové dáta oboma smermi. Tvoria ju jeden alebo dva vodiče.

Všetky riadiace jednotky sú pripojené k zbernici paralelne => všetci môžu počúvať naraz.

Gateway – poskytuje prepojenie medzi viacerými zbernicami takým spôsobom, aby si účastníci pripojení na rôznych zbernicách navzájom rozumeli. Gateway rozpozná adresu prijímateľa a rozhodne, či správa gateway-om prejde alebo nie.

23

LIN-bus (Local Interface Network):

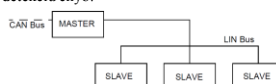
Niekoľko fyzických sa dohodlo a vypracovali spoločný zbernicový podsystem LIN-bus, ktorý sa používa na jednoduché „on/off“ ovládanie (sedadlá, zámky dverí, strešné okná, dažďové senzory, zrkadlá, ...).

Zbernica je typu **single master/multiple slave** bus. Používa jeden vodič na prenos informácie – dát.

LIN zbernica je niečo medzi I2C a RS232 (UART). Zbernica je ľahká do „jednotky“ odporom a každý uzel je ľahký do „mily“ pomocou budiča s otvoreným kolektorom podobne ako to robí I2C. Na druhej strane nemá CLK vodič. Každý byte je ohraničený pomocou start a stop bitu a každý bit je asynchrone časovaný, podobne ako u RS232 (UART).

Nízka cena komunikačných prvkov je dosiahnutá tak, že sa v nich nepoužívajú kryštálové, resp. keramické oscilátory. Využíva sa časová synchronizácia na zabezpečenie správneho odovšielania a prijmu dát. Využíva sa UART hardware, ktorý je zabudovaný v mnohých uC.

Zbernica detekuje chybné uzly v sieti. Kontrolná suma a kontrola parity garantuje bezpečnosť a detekciu chýb.

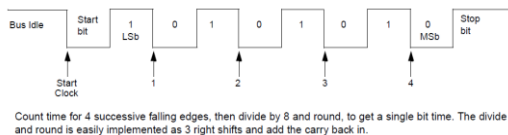


24

LIN-bus:**Synchronizácia hodín**

Významnou vlastnosťou protokolu je to, že SLAVE môže využívať uP s RC oscilátor s presnosťou lepšou ako $\pm 15\%$. => SLAVE musí zistiť na akej Baud rate komunikuje, a musí sa „doladiť“.

Z tohto dôvodu sa každý prenos začne s polom SYNC (= 0x55 – striedajú sa nuly a jednotky). SLAVE dokáže odmerať čas odpovedajúci 8-mim bitom MASTER-a. Po predelení 8-mi a zaokrúhlení si každý SLAVE prispôbi časovanie k MASTER-u.



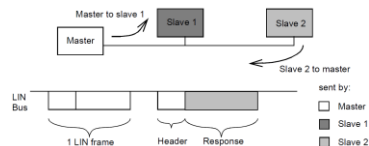
25

LIN protokol:

Komunikácia po LIN-bus predpokladá konfiguráciu **single master/multiple slave**.

Master inicializuje komunikáciu.

LIN frame pozostáva z hlavičky a dát. Master inicializuje komunikáciu tak, že pošle hlavičku. Ak chce poslať aj dáta, pošle ich. Ak master požaduje dáta od SLAVE, SLAVE ich pošle.



Priama komunikácia medzi SLAVE zariadeniami nie je možná. Pretože všetky SLAVE zariadenia počúvajú čo sa deje na zbernici (keď MASTER požaduje info), môže sa to chápať ako komunikácia SLAVE to SLAVE.

26

LIN protokol:

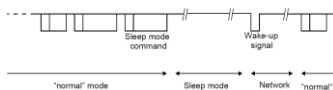
The LIN protocol je objektovo orientovaný, nie adresovo. Hlavička obsahuje identifikátor, ktorý dáva význam celému frame-u (rámeč) a datam, ktoré prenáša. Rôzne uzly môžu prijať ten istý frame aj s datami.

Odpoveď väčšinou pozostáva z dát nastaviteľnej dĺžky (1 až 8B). Data sú chránené 8b kontrolnou sumou.

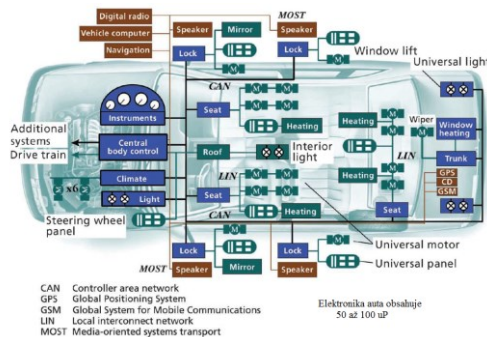
Prenos na LIN bus sa zabezpečuje rôznymi mechanizmami:

- paritný bit, kontrolná suma za dátovými byte-ami.

Z dôvodu zníženia strát, MASTER môže poslať tzv. SLEEP frame. Všetky uzly sa môžu nastaviť do tzv. **low power mode**. Zbudenie zbernice sa udeje, ak niektorý uzol pošle **wake-up** signál.



27

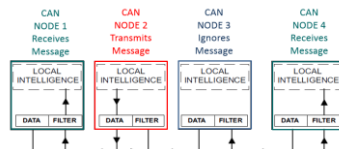
CAN bus tvorí základ automobilových sietí

28

CAN-bus: Hystória

1. Fy Bosh vyvinula v roku **1985** CAN zbernicu. Cieľom bolo nahradiť komunikáciu typu „point to point“ sériovou zbernicou.
2. V roku **1993** CAN sa stáva medzinárodným štandardom, vzniká ISO 11898.
3. V **1996**, je zbernica CAN implementovaná do OBD-II štandardu.

29

CAN-bus: dátový tok

Jeden uzol dáta vysiela a ostatné „selektívne“ počúvajú.

Hardver prijímača „prepustí“ ďalej len tie dáta, ktoré sú v danom uzle vyžitélné.

CAN bus je typu „broadcast“. To znamená niekto vysiela a kto chce počúva.

Nevysiela sa adresa príjemcu, ale len identifikácia, ktorá hovorí o tom čo je vysielať.

Každý uzol si generuje „vlastný“ hodinový signál.

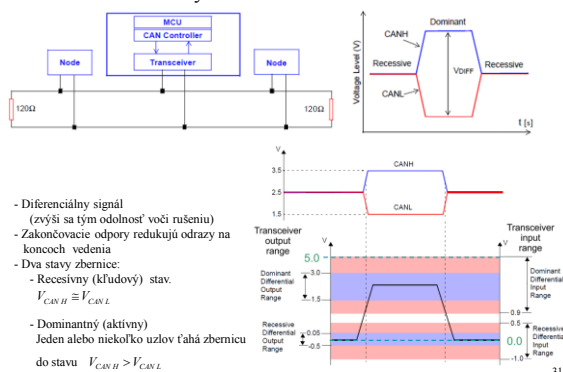
Časový interval vyhradený pre jeden bit je rozdelený na 4 nerovnako dlhé úseky.

Vysielač vysiela na začiatku a prijímač vyhodnocuje na konci. Ak zmena

nenastane na „správnom“ mieste, prijímač si doladí hodiny.

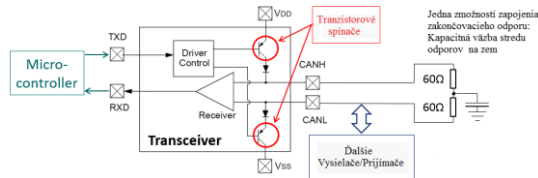
30

CAN-bus: fyzická vrstva



31

CAN-bus: Diferenciálne zapojenie Vysielač-ov/Prijímač-ov



- Kľudový stav (pre zvolený príklad zakončovacích odporov) je reprezentovaný hodnotou $\frac{V_{DD}-V_{SS}}{2}$. $V_{CANH} - V_{CANL} \approx 0$
- Tranzistory sú zapojené tak, aby fungovali ako tranzistory s „otv. kolektorom“. Dominantný stav je reprezentovaný log. „0“. To znamená, stačí, aby jeden vysielač ťahal $V_{CANH} \rightarrow V_{DD}$ a $V_{CANL} \rightarrow V_{SS}$. Zbernica sa nastavi do dominantného stavu.

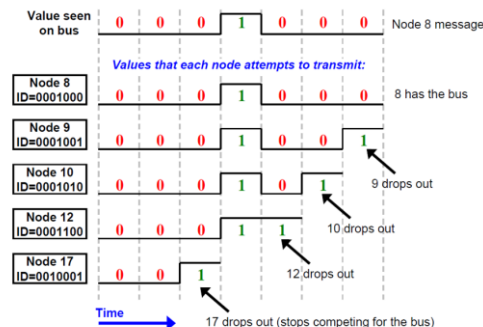
32

CAN-bus: Arbitrácia

1. CAN 2.0 A správa začína s 11-bitovým ID, ktoré definuje typ správy a udáva prioritu správy. CAN 2.0B definuje zbernicu s rozšíreným 29-bitovým identifikátorom rámcu.
2. Vysielač CAN zbernice invertuje signály uP. To znamená dominantný stav odpovedá log. „0“ recesívny (neaktívny) odpovedá log. „1“.
3. CAN využíva ID správy na vykonanie arbitrácie medzi jednotlivými uzlami.
4. Každý z uzlov čaká na kludový stav zbernice, aby mohol začať s vyslaním svojej časti ID.
5. Každý z uzlov „počúva“ čo sa deje na zbernici. Počúva či je na zbernici to čo odvysielal.
6. Ak uzol detekuje dominantný stav na zbernici v čase keď vysiela recesívny stav, ukončí svoju činnosť. Znovu sa pokúsi až vtedy, keď sa dostane zbernica do stavu kludového.

33

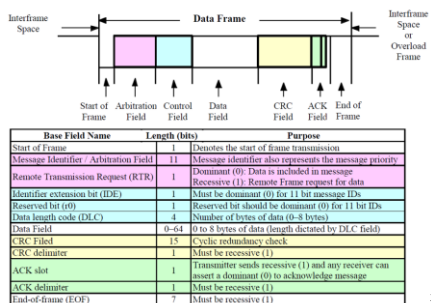
CAN-bus: príklad na arbitráciu



34

CAN-bus: formát prenášaných dát

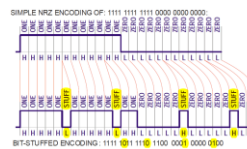
Typy: Data Frame, Remote Frame (niekto si dá vyžiada), Error Frame (niekto zistil chybu na zbernici, tak informuje okolie), Overload Frame (využívaný málo)



35

CAN-bus: chyby na zbernici

1. **Bit error:** Vysielač porovná hodnotu vysielaného bitu s hodnotou prijatého bitu.
2. **Stuff error:** Ak sa odvysielala viac ako päť log. „0“ resp. log. „1“ bez toho aby bol zaradený synchronizačný bit.



3. **CRC error:** Odvysielaná CRC hodnota neodpovedá hodnote CRC vypočítanej na strane prijímača.
5. **Form error:** Nesprávne formátovanie rámcu.
6. **Acknowledgement error:** Prijímač odvysielal recesívny ACK bit. Aspoň jeden prijímačujúci uzol musí odvysielat dominantný ACK signál smerom k vysielaču.

36