



# Komunikácia v priemyselnej automatizácii (3)

Igor Bélai

## 3. Priemyselné komunikačné zbernice – pokračovanie

### 3.1 CAN

Zbernica CAN (Controller Area Network) vznikla v osemdesiatych rokoch dvadsiateho storočia na základe spolupráce pracovníkov firiem Robert Bosch GmbH a Mercedes Benz. V roku 1994 bol protokol linkovej vrstvy CAN štandardizovaný normou ISO 11898-1. Priemyselná komunikačná zbernica CAN bola navrhnutá na používanie v automobilovom priemysle, avšak postupne sa začala nasadzovať aj v iných oblastiach automatizácie a s rôznymi protokolmi aplikačnej vrstvy.

#### Fyzická vrstva zbernice CAN

Fyzická vrstva zbernice CAN je opísaná v normách ISO 11898-2, ISO 11898-3, SAE J2411 a ISO 1192. Uvedené normy definujú spôsob realizácie a vlastnosti fyzickej vrstvy metalických prenosových médií (tietená alebo netietená krútená dvojlinka). Údaje sú kódované kódom NRZ, keď je hodnota jedného bitu reprezentovaná buď vysokou, alebo nízkou úrovňou signálu. Topológia je zbernicová, pričom maximálna dĺžka zbernice závisí od prenosovej rýchlosti (maximálna dĺžka zbernice pri prenosovej rýchlosti 10 kbit/s je 6 000 m).

V tab. 1 sú uvedené prenosové rýchlosti zbernice CAN podľa noriem ISO a SAE. Okrem metalických médií sa na prepojenie zariadení môžu použiť aj optické káble, napájacie vodiče a bezdrôtový prenos.

#### Linková vrstva zbernice CAN

Ako je uvedené vyššie, protokol linkovej vrstvy je definovaný normou ISO 11898-1, ktorá definuje spôsob prenosu údajov zbernicou CAN. Prenášané správy sú identifikované na základe identifikátora, ktorý zároveň určuje ich prioritu. Každá premenná (napríklad teplota motora), ktorá sa zbernicou prenáša, má pridelený identifikátor a tým aj prioritu. Jednotlivé zariadenia prijaté správy prijímajú (alebo odmietajú) na základe identifikátora správy. Identifikátor správy môže mať dĺžku 11 bitov (základný formát rámcov) alebo 29 bitov (rozšírený formát rámcov), pričom na jednej sieti možno prenášať správy s 11- aj 29-bitovými identifikátormi.

Každé zariadenie, ktoré má pripravené údaje na odoslanie, začína vysielanie údajov v okamihu pokoja na zbernici (keď nevysielala žiadne iné zariadenie). V prípade kolízie (ak súčasne začne vysielat' niekoľko

norma	max. prenosová rýchlosť	oblasť použitia
ISO 11898-2	1 Mbit/s	automobilový a iný priemysel
ISO 11898-3 (CAN odolný voči poruchám)	125 kbit/s	palubná elektronika automobilov
SAE J2411	33,3 kbit/s	komfortná elektronika automobilov
ISO 1192 (dvojbodové spojenie)	125 kbit/s	napríklad prepojenie ťahača s návesom

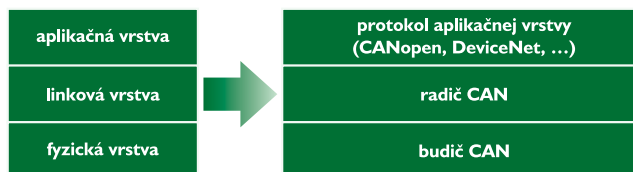
Tab.1 Normy pre fyzickú vrstvu zbernice CAN

zariadení) „súboj“ o prístup na prenosové médium vyhrá zariadenie, ktorého identifikátor má najvyššiu prioritu.

Zbernica CAN bola pôvodne určená na používanie v prostredí s vysokou úrovňou rušenia, a preto sa pri vývoji protokolu CAN kládol dôraz na ošetrovanie chýb prenosu. Používa sa päť metód na detekciu chýb prenosu. Tieto metódy detekcie chýb umožňujú detegovať všetky globálne chyby (to znamená tie, ktoré sa objavia na všetkých uzloch siete). Pravdepodobnosť, že nebude odhalená lokálna chyba, to jest chyba, ktorá sa vyskytne len na niektorých uzloch siete, je  $10^{-11}$ .

#### Implementácia zbernice CAN

K dispozícii sú radiče zbernice CAN s implementovanými protokolmi linkovej vrstvy CAN, ktoré sú realizované ako samostatné integrované obvody, napríklad Intel 82527, Philips 80C200, Siemens 81C90, prípadne sú súčasťou jednočipových mikroprocesorov, mikroprocesorov a DSP, ako napríklad Atmel AT89C51CC03 alebo Texas Instruments TMS320F281x. Na obr. 10 je znázornený princíp implementácie vrstvového modelu CAN.



Obr.10 Implementácia CAN z pohľadu vrstvového modelu

#### Aplikačná vrstva zbernice CAN

Pretože špecifikácia CAN definuje len dve spodné vrstvy modelu OSI, pre rôzne typy aplikácií boli vyvinuté a štandardizované tieto protokoly aplikačnej vrstvy:

- CANopen – protokol určený na používanie v strojoch s riadením pohybu a štandardizovaný normou EN 50325-4. Špecifikácie CANopen spravuje organizácia CiA (CAN in Automation, <http://www.can-cia.org>).
- DeviceNet – protokol určený pre oblasť automatizácie výroby a štandardizovaný normou EN 50325-2. Špecifikácie DeviceNet spravuje organizácia ODVA (Open DeviceNet Vendor Association, <http://www.odva.org>). Protokoly DeviceNet môžu na úrovni nižších vrstiev využívať okrem zbernice CAN aj ControlNet a Ethernet/IP.
- SDS – protokol od firmy Honeywell, určený pre oblasť automatizácie výroby a štandardizovaný normou EN 50325-3.
- SAE J1939 – ISO 11992/ISO 11783 – rodina protokolov fyzickej až aplikačnej vrstvy na používanie v cestných automobiloch (ISO 11992) a poľnohospodárskych a lesných strojoch (ISO 11783).

Okrem týchto protokolov sa v praxi používajú aj iné protokoly aplikačnej vrstvy, napríklad CANKingdom, CAL a iné.

#### Zhrnutie

Zbernica CAN má tieto výhody: vysokú spoľahlivosť, vysokú prenosovú rýchlosť s krátkym reakčným časom (najkratší čas medzi dvomi správami je 47  $\mu$ s), nízku cenu zariadení pripojiteľných na CAN, znač-



nú podporu výrobcov hardvéru s úplnou implementáciou komunikačného protokolu CAN na čípe a ľahkú rozširovateľnosť.

### 3.2 PROFIBUS

Vývoj zbernice PROFIBUS sa začal v roku 1987 v Nemecku, keď 21 spoločností spojilo sily pri vývoji komunikačnej zbernice a vytvoreni štandardu pre rozhranie prevádzkových prístrojov a zariadení. Najskôr vznikla špecifikácia PROFIBUS FMS a v roku 1993 PROFIBUS DP. V súčasnosti je zbernica PROFIBUS štandardizovaná normami IEC 61158 a IEC 61784. Komunikačná zbernica PROFIBUS je určená pre všetky oblasti automatizácie.

#### Fyzická vrstva zbernice PROFIBUS

Na úrovni fyzickej vrstvy PROFIBUS sa používajú štyri typy rozhraní:

- RS 485 – pre úlohy vyžadujúce vysokú prenosovú rýchlosť. Maximálna prenosová rýchlosť je 12 Mbit/s. Zariadenia sú prepojené zbernicovou topológiou, pomocou kábla typu A (tíenená krútená dvojlinka), ktorého vlastnosti sú špecifikované normou IEC 61158, a 9-pinových konektorov D-sub s krytím IP 20. K dispozícii sú tiež konektory s krytím IP 65/67. Údaje sú kódované kódom NRZ (viď tiež CAN). Na jeden segment zbernice môže byť pripojených maximálne 32 zariadení, avšak pomocou (maximálne deviatich) opakovačov možno prepojiť až 126 zariadení.
- RS 485-IS – je iskrovo bezpečná verzia rozhrania RS 485. Maximálna prenosová rýchlosť je 1,5 Mbit/s, pričom na jeden segment zbernice môže byť pripojených maximálne 32 zariadení. Na prepojenie zariadení sa používa kábel typu A, 9-pinové konektory D-sub s krytím IP 20 a kruhové konektory M12 s krytím IP 65.
- MBP – (Manchester Coding and Bus Powered) je iskrovo bezpečné rozhranie s prenosovou rýchlosťou 31,25 kbit/s a možnosťou napájania zariadení cez vodiče zbernice. Topológia môže byť typu zbernica, strom, alebo hviezda. Na jednom segmente môže byť maximálne 32 zariadení v bežnom prostredí alebo 10 zariadení v prostredí s nebezpečenstvom výbuchu. Pomocou opakovačov možno prepojiť 5 segmentov siete PROFIBUS s maximálne 126 zariadeniami. Na prepojenie zariadení sa používa tíenená krútená dvojlinka s kruhovými 4-pinovými konektormi M12. Údaje sú kódované kódom Manchester.
- Optické vlákna – umožňujú dosiahnuť vysokú prenosovú rýchlosť 12 Mbit/s na pomerne veľké vzdialenosti (aj niekoľko km). Topológia je líniová, hviezda alebo kruh. V takejto sieti zariadení PROFIBUS sa môže nachádzať 126 zariadení.

#### Linková vrstva zbernice PROFIBUS

Zariadenia na zbernici PROFIBUS sú rozdelené do troch kategórií.

- Master I. triedy je riadiaca jednotka, ktorá si cyklicky vymieňa údaje so zariadeniami typu Slave. Do tejto triedy zariadení môže patriť napríklad PLC alebo priemyselný počítač.
- Master II. triedy je programovacie, konfiguračné a diagnostické zariadenie. Nemusí byť trvalo pripojené na zbernicu.
- Slave je zariadenie, ktoré bezprostredne interaguje s technologickým procesom. Patria sem snímače, akčné členy, moduly decentralizovaných vstupov a výstupov PLC a iné.

Prístup na zbernicu riadia zariadenia typu Master, ktoré si medzi sebou vymieňajú poverenie a na jeho základe vysielajú údaje na zbernicu, alebo žiadajú iné zariadenie o prenos údajov. Zariadenia Slave čakajú na výzvu zo strany niektorého zariadenia typu Master, ktorá im umožňuje vyslať údaje.

#### Používateľská vrstva zbernice PROFIBUS

V používateľskej vrstve PROFIBUS je implementovaný komunikačný protokol DP (Decentralized Periphery – decentralizované periférie). Tento zabezpečuje rýchlu výmenu dát medzi riadiacou jednotkou (ktorá je zariadením typu Master), napríklad PLC alebo PC, a prevádzkovými prístrojmi a zariadeniami (ktoré sú zariadeniami typu Slave), napríklad frekvenčnými meničmi, ventilmi, snímačmi a pod. Medzi zariadeniami Master a Slave môžu byť údaje prenášané cyklicky alebo

acyklicky. Kvôli zabezpečeniu komunikácie v rôznych typoch aplikácií boli vyvinuté tri verzie protokolu DP: DP-V0, DP-V1 a DP-V2. DP-V0 je základný protokol a umožňuje cyklický prenos údajov (Master – Slave) a základnú diagnostiku. Protokol DP-V1 je orientovaný na použitie v oblasti automatizácie procesov a dokáže prenášať dáta acyklicky. DP-V2 je určený predovšetkým na používanie v oblasti riadenia pohybu. Umožňuje vzájomnú komunikáciu medzi zariadeniami Slave a synchronizáciu hodín komunikujúcich zariadení.

#### Aplikačné profily

Aplikačné profily sú špecifikácie výrobcov a používateľov zariadení zahŕňajúce špecifické vlastnosti a správanie zariadení a systémov. Špecifikácie určitého profilu definujú parametre a správanie zariadení a systémov, ktoré patria do daného profilu, čo zaručuje interoperabilitu zariadení. Aplikačné profily PROFIBUS možno rozdeliť do troch kategórií.

1. Všeobecné aplikačné profily sú určené pre rôzne typy aplikácií. Do tejto skupiny patria profily PROFIsafe, Redundancy a Time Stamp.
2. Špecifické aplikačné profily sú určené pre špecifické aplikácie, napríklad profil PROFIdrive, PA devices, Encoders a iné.
3. Systémové profily a profil Master, ktoré sú určené pre riadiace jednotky rôznych typov technologických procesov.

PROFIBUS DP automatizácia výroby	PROFIBUS PA automatizácia procesov	Motion Control pohony	PROFIsafe univerzálne použitie
špecifický aplikačný profil	aplikačný profil PA Devices	aplikačný profil PROFIdrive	aplikačný profil PROFIsafe
DP-V0 až DP-V2	DP-V1	DP-V2	DP-V0 až DP-V2
RS 485	MBP	RS 485	RS 485, MBP

Obr. 11 Príklady hierarchie komunikačných protokolov a aplikačných profilov PROFIBUS

Na obr. 11 sú príklady hierarchie komunikačných protokolov a aplikačných profilov PROFIBUS pre najznámejšie verzie zbernice PROFIBUS.

#### Implementácia zbernice PROFIBUS

Pri implementácii zbernice PROFIBUS možno použiť širokú škálu základných integrovaných obvodov (ASIC). Tieto obvody umožňujú implementovať zariadenia typu Slave, ako aj zariadenia typu Master. Úplný zoznam vyrábaných komunikačných obvodov PROFIBUS je k dispozícii na stránkach združenia PROFIBUS International (<http://www.profibus.com/meta/productguide/>).

#### Zhrnutie

Pomocou priemyselnej komunikačnej zbernice PROFIBUS možno zabezpečiť prenos údajov v rámci automatizácie výroby a v aplikáciách riadenia pohybu, pričom možno dosiahnuť zbernicový cyklus s dĺžkou rádovo v jednotkách milisekúnd. Komunikácia sa v takom prípade realizuje prostredníctvom rozhrania RS 485 alebo optického vlákna, v rámci protokolov DP-V0 až DP-V2 a špecifického aplikačného profilu (napríklad Robots/NC). Na obr. 11 sú to možnosti „PROFIBUS DP“ a „Motion Control“. Pre aplikácie riadenia technologických procesov je určený PROFIBUS PA, využívajúci rozhranie MBP, protokol DP-V1 a aplikačný profil PA Devices. PROFIBUS PA umožňuje vzájomne prepojiť prevádzkové prístroje a spojiť ich s riadiacou jednotkou technologického procesu. Okrem toho komunikačný profil PROFIsafe dovoľuje pripájať na zbernicu PROFIBUS bezpečnostné zariadenia, napríklad núdzové tlačidlá, limitné spínače a iné.

PROFIBUS predstavuje silný nástroj pre priemyselnú automatizáciu. Premyslená koncepcia (hlavne otvorenosť – kompatibilita rôznych výrobcov) spolu s výhodami digitálnej technológie, spoľahlivosť, bezpečnosť a flexibilita znamenajú nesporné výhody pre používateľov od projektovania cez nasadzovanie až po spoľahlivé prevádzkovanie, správu zariadení a možnosti pružného rozširovania alebo obmeny systému.

Výrobcovia a používatelia zariadení komunikačnej zbernice PROFIBUS sú združení v medzinárodnej organizácii PROFIBUS International (skratka PNO), ktorá má 24 národných organizácií, pričom jednou z nich je združenie Profibus SK (<http://www.profibus.sk>).

## Literatúra

[1] BALOGH, R., BÉLAI, I., DORNER, J., DRAHOŠ, P.: Priemyselné komunikácie. Bratislava: STU 2001. ISBN 80-227-1600-6.

[2] CiA: CAN Implementation. Apríl 2007. <http://www.can-cia.org>

[3] CiA: CAN Physical Layer. Apríl 2007. <http://www.can-cia.org>

[4] PNO: PROFIBUS Technology and Application – System Description. Október 2002. <http://www.profibus.com>

[5] PNO: PROFIBUS – Recommendation for Cabling and Assembly. Profibus Nutzerorganisation e.V., Karlsruhe, Nemecko, Jún 2005. <http://www.profibus.com>

[6] SCHOFIELD, M.: Controller Area Network – Error Handling. Apríl 2007. <http://www.mjschofield.com/errors.htm>

*Pokračovanie v budúcom čísle.*

**Ing. Igor Bélai, PhD.**



**Slovenská technická univerzita v Bratislave**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Ústav riadenia a priemyselnej automatizácie**  
**Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava**  
**e-mail: igor.belai@stuba.sk**