

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Bakalářská práce

Martin Vrba

2007

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra fyziky**

Název bakalářské práce:

Využití moderních sběrnic v automatizaci

Vedoucí práce: **Ing. Michal Šerý**

Diplomant: **Martin Vrba**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Využití moderních sběrnic v automatizaci vypracoval samostatně a čerpal pouze z pramenů uvedených v bibliografii.

V Českých Budějovicích dne: 12.dubna 2007

Podpis studenta:

Anotace

Cílem této diplomové práce je seznámit se s automatizační technikou a jejími základními částmi, ze kterých se skládá. Jako příklad využití osobního počítače v běžném životě uvádím v závěru práce model teploměru, který využívá právě moderních sběrnic.

Anotation

Aim of this diploma work is acquaint with automatization technic and basic parts, that consist of. As an example in improvement of personal computer (PC) in ordinary life I present a model of temperature meter, which takes just modern bus system.

1.Obsah:

1. <u>Obsah</u>	4.
2. <u>Úvod</u>	6.
3. <u>Teoretická část</u>	7.
4. <u>Seznam literatury</u>	28.
5. <u>Praktická část – Ukázkový model</u>	29.
6. <u>Přílohy</u>	34.

2.Úvod

Člověk a celkově celé lidstvo se snaží si zjednodušit život a věci potřebné k němu, už od začátku svého vývoje. Od té doby už uplynulo spousty let, během kterých vynalezlo například kolo, parní stroje a nejvíce dnes potřebnou elektřinu bez které se dnes již nemůžeme obejít. Avšak toto vše je stále ještě málo, a tak se uchylujeme k dalším a dalším možnostem zlepšit a zjednodušit si své okolí a zejména život v něm. Cílem mé práce je poukázat na další možnosti využití osobního počítače a to z hlediska automatizace a řídicích systémů. Chtěl bych zde uvést nejběžnější používané sběrnice (Bus), které se k těmto účelům používají a dále prezentovat ukázkový příklad jak takovéto zařízení funguje na elektronickém modelu.

3.Teoretická část

Přenosy informací

- pevné

Kabelové spojení

Jako první typ přenosových systémů se objevilo kabelové spojení. Jednoduché propojení dvou či více zařízení mezi sebou se realizovalo pomocí kovových lan. Ty byly vyráběny z mědi, hliníku a jim podobných slitin. Tyto přenosy jsou používány i na vzdálenosti několika set kilometrů, avšak tam už je zapotřebí použít různých zesilovačů signálu, neboť se velikost v závislosti na vzdálenosti rapidně zmenšuje.

Vedení informací touto cestou pracovalo na kódování a dekódování signálu tvořeného elektrickým napětím. Různou délkou impulzů a jejich amplitudou se daly kombinovat různé znaky.

Dnes je tato technologie stále ještě používána, ale stále více se přechází na bezdrátové a optické technologie, u nichž je zaručována daleko větší dosah s menší pořizovací cenou a je jednodušší na zavedení.

- bezdrátové

Bluetooth

je bezdrátová komunikační technologie sloužící k bezdrátovému propojení mezi dvěma a více elektronickými zařízeními, jakými jsou například mobilní telefon, PDA, osobní počítač nebo handsfree.

Název Bluetooth je odvozen ze anglického jména dánského krále Haralda Modrozuba - Harald Bluetooth - vládoucího v 10. století. Ten využil svých diplomatických schopností k tomu, aby válčící kmeny přistoupily k diskuzi a přestali mezi sebou válčit. Této analogie bylo využito pro název technologie Bluetooth, která podobně jako kdysi král Harald slouží k usnadnění vzájemné komunikace.

Bluetooth pracuje v ISM pásmu 2,4 GHz (stejném jako u Wi-Fi). K přenosu využívá metody FHSS, kdy během jedné sekundy je provedeno 1600 skoků (přeladění) mezi 79 frekvencemi s rozestupem 1 MHz. Tento mechanismus má zvýšit odolnost spojení vůči rušení na stejné frekvenci. V závislosti na výkonových úrovních (2,5 mW, 10 mW, 100 mW) se mění také vzdálenost komunikace cca od 10 do 100 m. Platí jen ve volném prostoru. Pokud jsou mezi komunikujícími zařízeními překážky (například zdi), dosah rychle klesá. Většinou ovšem nedochází ke skokové ztrátě spojení, ale postupně se zvyšuje počet chybně přenesených paketů. Přenosová rychlost se pohybuje okolo 720 kbit/s a je možné vytvořit datový spoj symetrický případně asymetrický, kdy přenosová rychlost při příjmu (downlink) je vyšší než při odesílání (uplink).

Jednotlivá zařízení jsou identifikována pomocí své adresy *BT_ADDR* (Bluetooth Device Address), podobné jako je MAC adresa u Ethernetu.

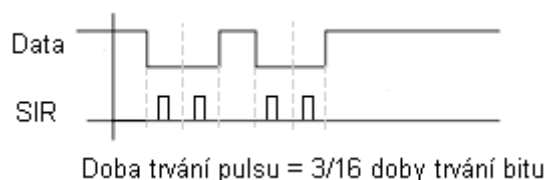
Bluetooth podporuje jak dvoubodovou, tak mnohabodovou komunikaci. Pokud je více stanic propojeno do ad hoc sítě, tzv. pikosítě (piconet), jedna rádiová stanice působí jako řídící (master) a může simultánně obsloužit až 7 podřízených (slave) zařízení. Všechna zařízení v pikosíti se synchronizují s taktem řídící stanice a se způsobem přeskakování mezi kmitočty. Specifikace dovoluje simultánně použít až 10 pikosít na ploše o průměru 10 metrů a tyto pikosítě dále sdružovat do tzv. „scatternets“ neboli „rozprostřených“ sítí.

IrDA

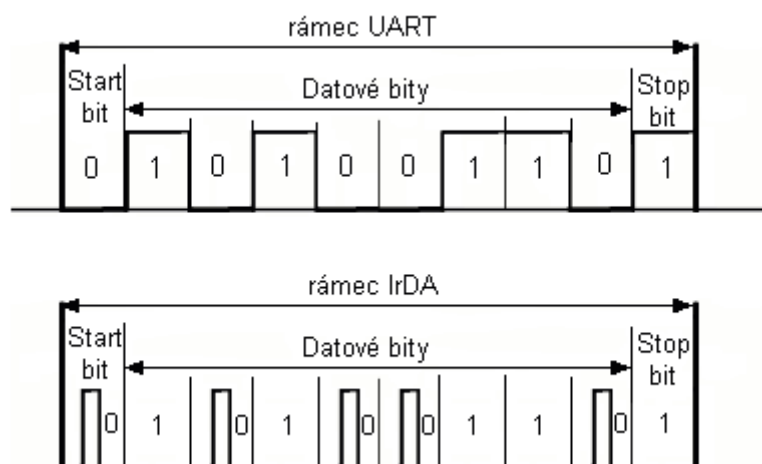
IrDA je standard vytvořený **IrDA** konsorciem (Infrared Data Association), který definuje bezdrátový přenos dat pomocí infračerveného záření. Slouží ke komunikaci zařízení mezi sebou (hlavní využití IrDA je pro spojení přenosných počítačů, různých osobních komunikátorů a mobilních telefonů, ale IrDA rozhraním jsou vybaveny například i videokamery). IrDA konsorcium vzniklo v roce 1993 za účasti 20 různých společností a dalo si za úkol navrhnout standard pro bezdrátový přenos dat na krátkou vzdálenost pomocí infračerveného záření. Již za rok, tedy v roce 1994, byla vydána první verze IrDA standardu.

IrDA zařízení komunikují pomocí infračervených LED diod s vlnovými délkami vyzařovaného světla 875 nm (tolerance výroby asi 30nm). Přijímačem jsou PIN fotodiody, které pracují v generačním režimu (při dopadu světla na přijímač světlo "vyrazí" elektrony, které se odvádí do elektronického filtru, který propustí jen ty frekvence, které jsou povoleny pro daný typ IrDA modulační). Existuje přímá úměra mezi energií dopadnutého záření a nábojem, který optická část přijímače vygeneruje. IrDA zařízení dle normy IrDA 1.0 a 1.1 pracují do vzdálenosti 1.0 m při bitové chybovosti BER 10^{-9} a maximální úrovni okolního osvětlení 10 klux (denní světlo slunce). Tyto hodnoty jsou definovány pro nesouosost vysílače a přijímače 15 stupňů, pro jednotlivé optické prvky se měří výkon do 30 stupňů. Existují i směrové vysílače pro větší vzdálenosti, ty však nedodržují přesně definovaný standard.

Přenosové rychlosti používané pro IrDA 1.0 jsou od 2400 do 115200 kbit/s (2400 bit/s, 9600 bit/s, 19,2 kbit/s, 38,4 kbit/s, 57,6 kbit/s, 115,2 kbit/s). Prvotní komunikace probíhá vždy rychlostí 9600 bit/s a proto je podpora této rychlosti oproti ostatním povinná. Používá se pulsní modulace, doba vyzařování světelné energie odpovídá 3/16 délky původní doby trvání bitu a pulsy odpovídají bitům s nulovou hodnotou. Tato metoda se také nazývá **SIR** (Serial InfraRed).



Formát dat je stejný jako na sériovém portu, tedy asynchronně vysílané slovo uvozené startovacím prvkem.



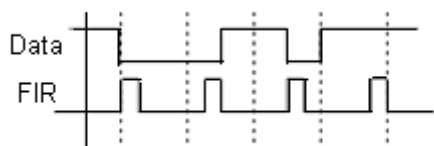
IrDA v.1.1

IrDA 1.1 definuje navíc rychlosti 0,576 Mbit/s a 1,152 Mbit/s s pulsní modulací 1/4 délky doby trvání původního bitu. Metoda se někdy označuje jako **MIR** (Medium Infrared), jedná se však o neoficiální název.



Při těchto rychlostech je již základní jednotka (paket) vysílán synchronně a je uvozen startovací sekvencí (2 x 8 bitů). Následuje cílová adresa (8 bitů), data ukončená 16 bity ochranného kódu CRC a koncová sekvence (8 bitů). Startovací a koncová sekvence se nikde jinde v toku dat nemůže vyskytnout.

Pro rychlost 4 Mbit/s se používá impulsová polohová modulace **PPM** (Pulse Position Modulation), v níž se 2 bity informace zakódují do pulsu v jedné ze čtyř možných časových pozic - nositelem informace je zde tedy pozice pulsu v čase namísto existence pulsu jako u předchozích modulací. Například bity 00 se vyšlou jako sekvence 1000, bity 01 jako 0100. Tato metoda je nazývá **FIR** (Fast Infrared). Pakety při této modulaci mají na rozdíl od rychlosti 0,576 a 1,152 Mbps použít kontrolní kód CRC-32.



Dvojice bitů	PPM
00	1000
01	0100
10	0010
11	0001

Wifi

Samotný název WiFi vytvořilo WECA – (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) a v principu jde o bezdrátovou technologii v bezlicenčním nekoordinovaném pásmu 2,4 GHz (ISM - Industry, Science, Medical).

Hlavní výhodou této technologie je její nízká cena, způsobená mimo jiné tím, že certifikovaná zařízení jsou k dispozici ve velkých sériích.

Většina sítí založených na WiFi funguje na buňkovém principu, kdy centrální přístupový bod zprostředkovává připojení všem stanicím v dosahu a body dohromady tvoří jakousi plášt - analogicky s GSM sítí. Propojení těchto přístupových bodů je řešeno různě - nejlevněji vychází spojit je stejnou technologií (po lokální kabelové ethernet síti, nebo dokonce přenášet i sdílená data vzduchem), druhý extrém představuje vyhrazené optické vlákno.

Nekritičtí obhájci dokonce považují WiFi za funkční mobilní síť čtvrté generace, které poskytují služby dříve než síť generace třetí (založené například na UMTS). Pravdou je, že WiFi síť sice disponuje kapacitou, které budou síť 3G jen obtížně dosahovat (11 Mb/s na médiu), nicméně UMTS síť jsou budovány na výrazně robustnějších základech.

Hlavním argumentem je to, že WLAN v žádném případě není MOBILNÍ síť, mobilitu poskytuje

technologie jen v dosahu jedné sítě - samozřejmě je možné a pracuje se na tom, aby mezi hot-spoty existovala možnost plynulého přechodu, ale to zase ve většině případů vyžaduje, aby veřejné WLAN byly nějak propojeny (typicky GSM/GPRS nebo UMTS)..

WiFi samozřejmě není vrcholem dokonalosti (jako ostatně žádná lidmi produkováná technologie) a hlavní výhrady směřují k zabezpečení proti zneužití. Přestože nová zařízení disponují podporou 128 bitového šifrování protokolem WEP (Wireless Encryption Protocol), obecné principy zabezpečení WiFi nejsou dostatečné pro všechny aplikace.

Další a možná největší výhrada je směřována k faktu, že pásmo 2,4 GHz je na exponovaných místech (například okolí prakticky veškerých výškových budov v centru Prahy) vyčerpáno a rušení je natolik silné, že je možné budovat pouze vnitřní pokrytí. Zaručení pásma je přitom dynamické a závisí na chování všech subjektů, které ho využívají. Spoj, který ještě včera perfektně fungoval, si dnes nemusí ani škrtnout, protože některý z provozovatelů otočil anténu.

Platí-li o kabelových počítačových sítích, že na rozdíl od položené RS-485 je ethernet živý organismus, který se vyvíjí, ať už jenom instalací nové verze firmware na routeru, je toto rčení u WiFi naprosto fatální, protože teoreticky může síť přestat jednoho dne fungovat a vám se nepodaří zjistit proč. Prakticky je to však poněkud složitější a technologie rozprostřeného spektra dokáže vskutku dělat divy..

WiFi síť dnes slouží především ke dvěma účelům. Jako korporátní síť a jako veřejné přístupové síť k Internetu.

Sběrnice pro připojování čidel

- I²C -

Sběrnice I²C (I2C-bus, Inter-IC-bus) je dvou vodičové datové propojení mezi jedním nebo několika procesory (Masters) a speciálními periferními součástkami (Slaves). Všechny součástky jsou připojeny na téže sběrnici a jsou cíleně vybírány svými adresami. Adresy i data se přenášejí týmiž vodiči. Sběrnice umožňuje velmi jednoduché propojení mezi několika integrovanými obvody a bezproblémové dodatečné rozšiřování.

- 1 Wire -

Sběrnice má jeden řídicí obvod (master) a jeden či více ovládaných zařízení (slave). Všechny obvody jsou zapojeny jednak na společnou zem, jednak paralelně na společný datový vodič. Tento datový vodič je připojen přes odpor cca 5k na napájecí napětí a "zdvihá" tak sběrnici do log. 1.

Komunikaci zahajuje vždy master **reset pulsem**. Nejprve "stáhne" datový vodič do log. 0 (*uzemní ho*) a drží ho na této úrovni minimálně 480 mikrosekund. Pak sběrnici uvolní a naslouchá. Odpor zatím vrátí sběrnici zpět do log. 1. Pokud je na sběrnici připojené nějaké 1-Wire zařízení, tak detekuje tuto vzestupnou hranu a po prodlevě (15 - 60 μ s) stáhne sběrnici na 60 - 240 μ s k log. 0.

Pokud se zařízení správně ohlásí, může master začít vysílat a přijímat data. Data jsou vysílána v tzv. "time slotech", česky bychom řekli nejspíš v "časových úsecích" nebo v "okénkách". Slot je dlouhý 60 až 120 μ s a během jednoho slotu je vyslán nebo přijat jeden bit informace. Mezi jednotlivými sloty musí být minimálně 1 μ s mezera, kdy je sběrnice v klidu.

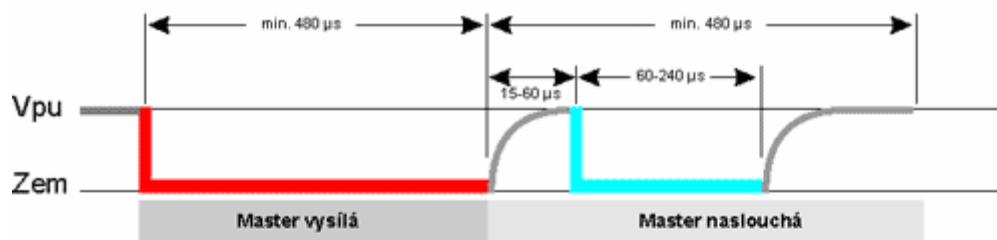
Existují 4 druhy slotů: Zápis 1, Zápis 0, Čtení 1 a Čtení 0. Zápisové sloty slouží k tomu, aby master vyslal data do zařízení.

Zápis 1 probíhá tak, že master stáhne sběrnici k nule minimálně na 1 μ s a nejpozději do 15 μ s od začátku ji opět uvolní a ponechá uvolněnou. Zdvihací odpor ji tedy vytáhne k log. 1.

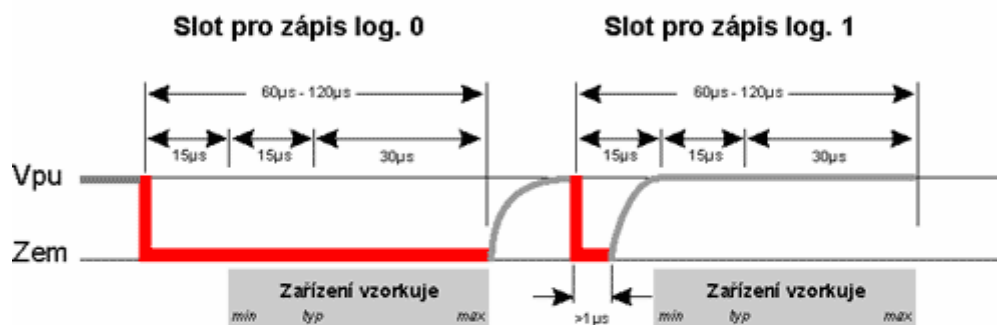
Zápis 0 je o něco jednodušší: Master stáhne sběrnici k 0 a ponechá ji tak po celý slot, tedy min. 60 μ s. Zařízení vzorkuje stav na datovém vodiči zhruba 30 μ s po začátku timeslotu.

Čtecí sloty opět inicializuje master tím, že stáhne sběrnici k nule na minimálně 1 μ s a opět ji uvolní. Po tomto zahájení může zařízení vyslat 1 bit buď tím, že ponechá sběrnici v klidu (log. 1) nebo že ji stáhne (log. 0).

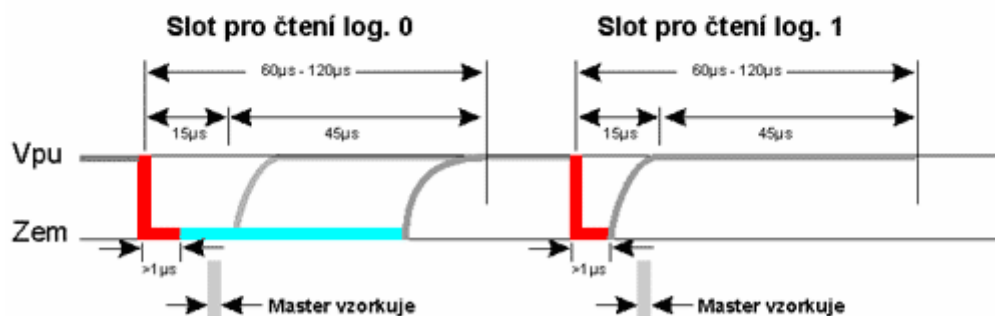
1-Wire™ Reset



1-Wire™ Vysílání dat



1-Wire™ Příjem dat

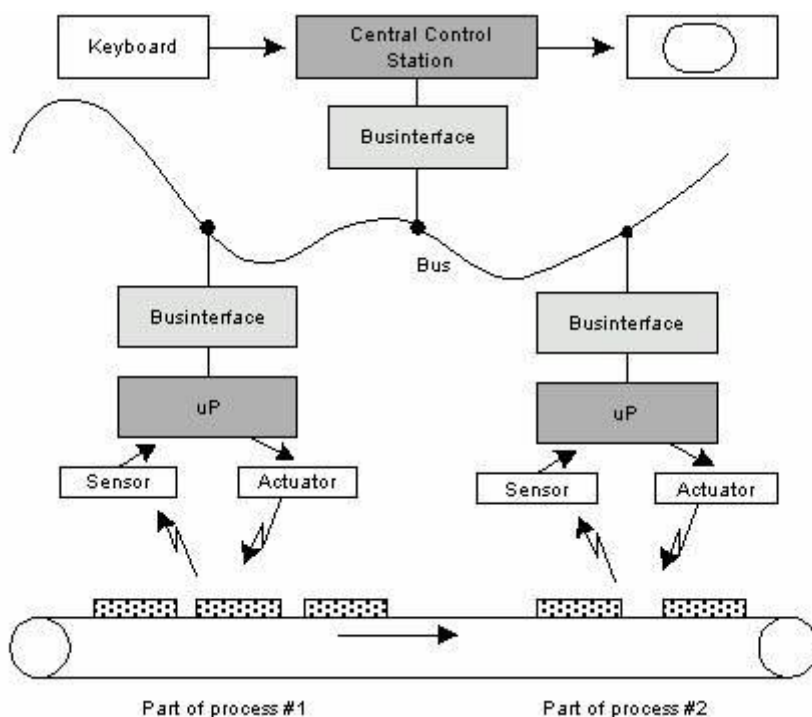


- CAN - Controller Area Network -

CAN je sériová datová sběrnice vyvinutá firmou Bosch. Sběrnice sama o sobě je symetrický nebo asymetrický dvou vodičový obvod, který může být odstíněný či neodstíněný.

CAN protokol odpovídá datovému přenosu vrstvy v ISO/OSI referenčním modelu. Síťový protokol detekuje a opravuje přenosové chyby vzniklé od okolních elektromagnetických polí. Dovoluje snadné nastavení (konfiguraci) systému a umožňuje centrální diagnostiku.

Vysílané data nemají žádnou adresu, obsah zprávy je dán identifikátorem (ID), který je v celé síti jedinečný. Tento identifikátor definuje obsah přenášené zprávy a zároveň i prioritu zprávy při pokusu o její odeslání na sběrnici. Vyšší prioritu mají zprávy s nižší hodnotou identifikátoru. Příjem zpráv může být mnohonásobný (jedna zpráva může být přijata několika zařízeními). Maximální rychlost přenosu je na sběrnici 1Mbit/sec.



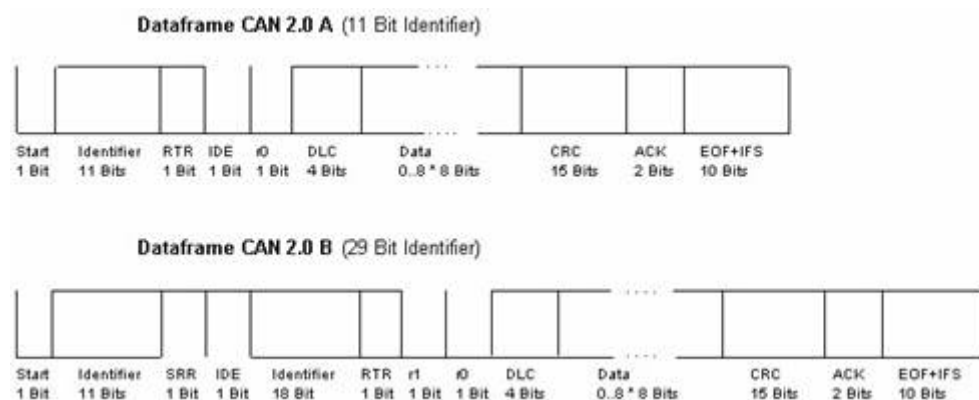
Aby zpracování všech přenosových požadavků CAN sítě souhlasilo s reakční dobou omezenou nejnižší přípustnou přenosovou rychlostí, musí CAN protokol vždy umožnit připojení metodami garantujícími jednoznačný přístup na sběrnici z odlišných stanic. Metody bitové arbitráže použité k identifikaci zpráv jsou schopny jedinečně analyzovat jakékoli problémy mezi stanicemi čekajícími na přenos a přenášejícími v průběhu 13 (standardní formát) nebo 33 (přídavný formát) bitových period. Na rozdíl od standardně používané arbitráže (rozhodovací metody) pomocí CSMA/CD metod tyto nedestruktivní metody při konfliktech zajišťují, že sběrnice nebude použita mimo přenos úplné informace. Dokonce v případech, kdy sběrnice je přetížena, prokazují vazby přístupových priorit na sběrnici jistou prospěšnost systémového nastavení oproti existujícím CSMA/CD nebo "token protocols". Všechny neuskutečněné žádosti o přenos jsou zpracovány podle jejich významu (priority) v systému a to i přes nedostatečný přenos sběrnice. Přípustná přenosová kapacita je účelně využita k přenosu plné informace, protože "přerušování" v připojení na sběrnici je velmi malé. Zborcení celého přenosového procesu kvůli

přetížení, jaké se může přihodit s protokolem CSMA/CD, není v CAN tak pravděpodobné. Rychlost povolení přenosu závisí na sběrnicovém přístupu, který je u nedestruktivního bitového přístupu základem priority zprávy. Garantovaný čas pro přenos zprávy s vysokou prioritou na CANu je < 134 us při 1 Mbit/s.

CAN protokol podporuje dva rámcové formáty zpráv. Podstatný rozdíl je v délce označení (ID identifier). Ve standardním formátu je délka ID 11 bitů a v prodlouženém formátu (extended formát) je délka označení zprávy 29 bitů. Rámec zprávy pro přenos na sběrnici se skládá ze sedmi hlavních polí. Zpráva v standardním formátu začíná s počátečním bitem "start of frame", pak následuje rozhodovací pole "arbitration field", které obsahuje označení ID, a "RTR" bit ("remote transmission request" - žádost o vzdálený přenos), který ukazuje, zda jde o rámec dat nebo požadavek rámce bez bitů ("remote frame" - vzdálený rámec).

Kontrolní pole "Control field" obsahuje IDE bit ("identifier extension" - prodloužené označení), který označuje buď standardní formát, nebo prodloužený formát, dále pak bit rezervovaný (r 0) pro budoucí prodloužení. Další 4 bity se vypočítají z bytů dat v datovém poli.

Datové pole "data field" je v rozmezí od 0 do 8 bytů a je následováno CRC polem "CRC field", které je používáno jako bezpečnostní kontrola rámce na detekci bitových chyb. ACK pole "ACK field" zahrnuje ACK dílčí rámec (1 bit) a ACK dělicí znak (1 vratný bit). Bit v ACK dílčím rámci je posílán jako vratný bit a je přepisován jako dominantní bit od příjemců, kteří data přijali správně ("positive acknowledgement" - pozitivní potvrzení). Správná zpráva je od příjemců potvrzena bez ohledu na výsledek přijímacího testu. Konec zprávy je označen jako konec rámce "end of frame". Přerušení "Intermission" je minimální číslo z bitové periody oddělující následné zprávy. Jestliže zde nejsou následující přístupy na sběrnici od jakékoliv stanice, zůstává nečinná "bus idle".



Na rozdíl od ostatních sběrnicových systémů CAN protokol nepoužívá potvrzování zpráv, ale namísto toho signalizuje jakoukoliv vyskytlou chybu. Pro detekci chyby CAN protokolem se používají tři mechanismy umístěné v oblasti zprávy:

-kontrola cyklické nadbytečnosti (Cyclic Redundancy Check CRC)

CRC chrání informace v rámci a přidává nadbytečné kontrolní bity na konec přenosu. Na konci příjmu jsou tyto bity přepočítány a testovány vůči přeneseným bitům. Jestliže nejsou v pořádku, pak je hlášena CRC chyba.

-kontrola rámce

Tento mechanismus prověřuje strukturu přeneseného rámce dle kontroly bitového pole vůči pevnému formátu a velikosti rámce. Chyba detekovaná kontrolou rámce je označena jako "format errors".

-ACK chyby

Každé správné přijetí rámce od všech příjemců je potvrzeno v ACK poli. Jestliže není potvrzeno, je přijata vysílačem zpráva ACK chyba (ACK error). To může znamenat, že nastala přenosová chyba, kterou objevil pouze příjemce, nebo že ACK pole je porušené či není žádný příjemce.

CAN protokol také užívá dva mechanismy pro detekci chyb na bitové úrovni:

pozorování (Monitoring)

Schopnost vysílače detekovat chyby je základem pro pozorování sběrnicových signálů: každý uzel, který vysílá, také pozoruje sběrnicovou část, a tak detekuje rozdíly mezi bity poslanými a bity přijatými. Toto dovoluje spolehlivou detekci globálních a lokálních chyb na straně vysílače.

vkládání bitů (Bit stuffing)

Kódování samostatných bitů je testováno na bitové úrovni. Bitová reprezentace CAN je NRZ kód (non-return-to-zero), který garantuje maximální efektivitu v bitovém kódování. Synchronizaci tvoří vkládání pěti po sobě jdoucích stejných bitů. Odesílatel přidá do bitového toku vložený bit s doplňkovou hodnotou, která je odstraněna příjemcem. Kódová kontrola je omezena kontrolou správnosti vloženého pravidla.

Jestliže je objevena jedna nebo více chyb na nejméně jedné nebo více stanicích, používajících zařízení, přenos je zrušen a je odeslána indikace chyby "error flag". To zabrání jiné stanici přijmout zprávu, a tak zajistí konzistenci dat v celé síti.

Další chybný přenos zprávy je zrušen a odesílatel se automaticky znovu pokusí o přenos (automatické opakování žádosti). Bude muset znovu soutěžit o připojení na sběrnici. Nový přenos bude zpravidla zahájen během 23bitové periody po odhalení chyby; ve speciálních případech je doba regenerace systému 31bitová perioda.

Avšak tato účinná a efektivní metoda může v některých případech chybné stanice vést k zrušení všech zpráv (včetně správných). Jestliže žádná jiná stanice nepřevzme sledování vzniklé chyby, dojde k zablokování systému sběrnice. CAN protokol tedy poskytuje mechanismus pro rozlišení ojedinělé chyby od trvalých chyb a lokalizuje stanici, která selhala. Toto je prováděno statistickým odhadem chybné stanice s cílem poznat stanici s vlastními chybami a možný pracovní režim, v kterém ostatní stanice záporně neovlivňují CAN síť. Pokud stanice sebe odpojí, zabrání tak chybnému rozpoznání zprávy a také chybnému přerušení.

Pravděpodobnost neidentifikované zprávy je 10 na 13, příklad: CAN běžící 2000 hodin/rok rychlostí 500 kbit/s s 25% vytížením sběrnice může mít neidentifikovanou chybu jednou za 1000 let.

Protokol CAN definuje 4 typy zpráv:

- **zprávy týkající se přenosu dat:**
 - Data Frame (Datová zpráva)
 - Remote Frame (Žádost o data)
- **zprávy řídící komunikaci po sběrnici**
 - Error Frame (Chybová zpráva)
 - Overload Frame (Zpráva o přetížení)

Data Frame

U datových zpráv se rozlišují dva typy zpráv podle délky identifikátorů zpráv: Standardní formát zprávy (Standard Frame) podle specifikace CAN 2.0A - 11 bit. identifikátor
Rozšířený formát zprávy (Extended Frame) podle specifikace CAN 2.0B - 29 bit. identifikátor
Oba typy zpráv mohou být vysílány na stejné sběrnici, pokud jsou použity v uzlech řadiče podle specifikace 2.0B

Remote Frame

Formát žádosti o data je podobný jako formát datové zprávy. Pouze je zde RTR bit nastaven do recesivní úrovně a chybí zde datová oblast.
Žádost o data používá jak standardní tak rozšířený formát zprávy (11 nebo 29 bitový identifikátor).

Pokud nějaký uzel žádá o zaslání dat, pak nastaví takový identifikátor zprávy, jako má datová zpráva, jejíž zaslání požaduje. Tím je zajištěno, že pokud ve stejném okamžiku jeden uzel žádá o zaslání dat a jiný data se stejným identifikátorem vysílá, přednost v přístupu na sběrnici získá uzel vysílající datovou zprávu, neboť úroveň RTR bitu datové zprávy je dominantní a tudíž má tato zpráva vyšší prioritu.

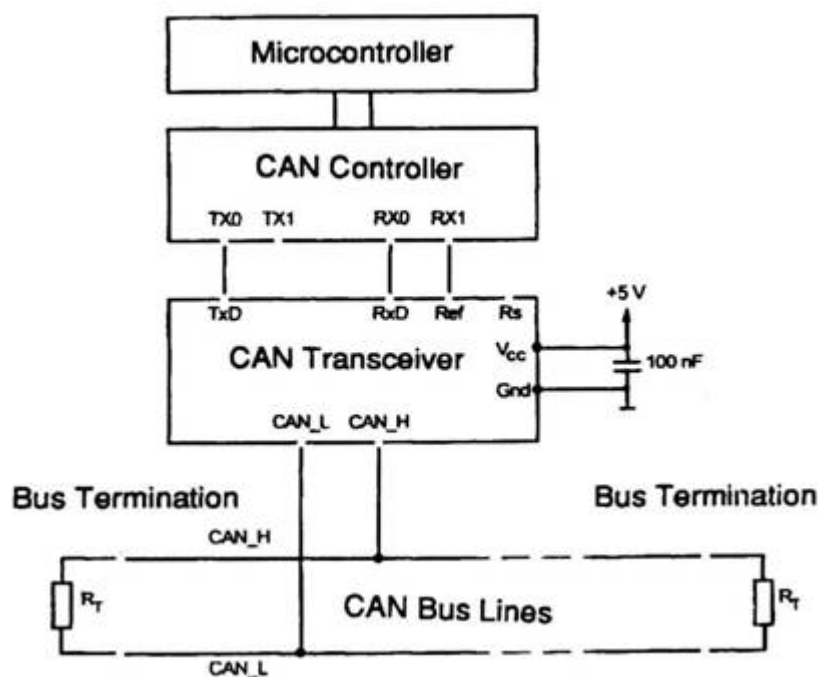
Error Frame

Chybová zpráva slouží k signalizaci chyb na sběrnici CAN.
Jakmile libovolný uzel na sběrnici detekuje v přenášené zprávě chybu (chyba bitu, chyba CRC, chyba vkládání bitů, chyba rámce), vygeneruje ihned na sběrnici chybový rámec. Podle toho, v jakém stavu pro hlášení chyb se uzel, který zjistil chybu, právě nachází, generuje na sběrnici buď aktivní (šest dominantních bitů) nebo pasivní (šest recesivních bitů) příznak chyby. Při generování aktivního příznaku chyby je přenášená zpráva poškozena (vzhledem k porušení pravidla na vkládání bitů), a tedy i ostatní uzly začnou vysílat chybové zprávy. Hlášení chyb je pak indikováno superpozicí všech chybových příznaků, které vysílají jednotlivé uzly. Délka tohoto úseku může být minimálně 6 a maximálně 12 bitů.
Po vyslání chybového příznaku vysílá každý uzel na sběrnici recesivní bity. Zároveň detekuje stav sběrnice a jakmile najde na sběrnici první recesivní bit, vysílá se dalších sedm recesivních bitů, které plní funkci oddělovače chyb (ukončení chybové zprávy).

Overload Frame

Zpráva o přetížení slouží k oddálení vyslání další datové zprávy nebo žádosti o data. Tento způsob zpravidla využívají zařízení, která nejsou schopna kvůli svému vytížení přijímat a zpracovávat další zprávy. Struktura zprávy je podobná zprávě o chybě, ale její vysílání může být zahájeno po konci zprávy (End of Frame), oddělovače chyb nebo předcházejícího oddělovače zpráv přetížení.
Zpráva o přetížení je složena z příznaku přetížení (šest dominantních bitů) a případné superpozice všech příznaků přetížení, pokud jsou generovány více uzly současně. Za příznaky přetížení následuje dalších sedm recesivních bitů, které tvoří oddělovač zprávy o přetížení.

Jak již bylo řečeno CAN používá dva různé formáty datových zpráv. Standardní formát zprávy obsahuje 11bitový identifikátor, rozšířený formát zprávy obsahuje 29bitový identifikátor. Zpráva se standardním (11bitovým) identifikátorem má při jejím odeslání přednost před rozšířenou.



- ProfiBus -

Průmyslová komunikační síť Profibus (PROces FIeld BUS) představuje v současné době jeden z velmi rozšířených komunikačních standardů v oblasti průmyslové automatizace. Je postavena na základech otevřeného komunikačního modelu ISO/OSI a je určena pro všechny oblasti automatizace, jako např. pro automatizaci výrobních linek (výroba automobilů, plnicí linky, skladové systémy), pro domovní automatizaci (klimatizace, vytápění), pro procesní automatizaci (chemický a petrochemický průmysl, papírenský, čistíčky odpadních vod) a pro řízení výroby a distribuce energie.

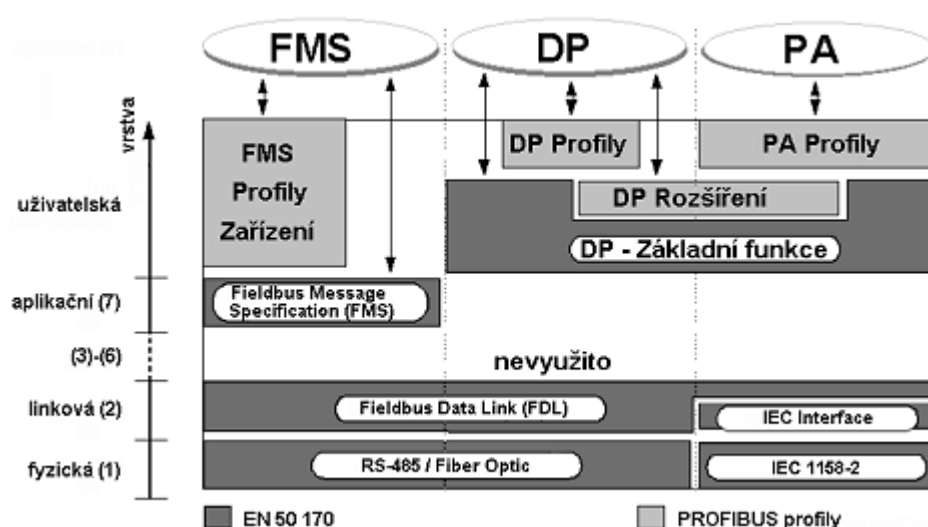
Historie doposud snad nejúspěšnější sběrnice pro průmyslové použití začala ve skutečnosti v roce 1987, kdy firmy Bosh, Klöckner & Möller, Siemens a část univerzit předložili projekt Profibus německé vládě. Jako koncept pro automatizaci jak diskretních, tak spojitých výrob podpořily projekt i členské organizace ústřední asociace německého elektrotechnického průmyslu (Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie -

ZVEI). Samotné sdružení zájemců o sběrnici (Profibus Nutzerorganisation) bylo založeno v listopadu 1989 a od té doby se rozrostlo v největší sdružení (Profibus International) v oblasti průmyslových

Cílem tohoto projektu bylo vytvořit architekturu komunikačního systému, který by na jedné straně respektoval potřebu připojit na sběrnici malá zařízení a současně vytvořil otevřené rozhraní pro komunikaci různých automatizačních zařízení (programovatelné automaty, operátorské panely, snímače, akční členy atd.).

1. Architektura protokolu Profibus

Norma Profibus, vychází z modelu ISO/OSI. Z důvodu časové optimalizace definuje z tohoto modelu pouze vrstvy fyzickou, linkovou a aplikační



Model komunikační sítě Profibus

Fyzická vrstva definuje fyzické spojení mezi zařízeními a současně je v této vrstvě definována topologie sítě. Profibus podporuje přenos po sběrnici RS-485, po optickém vlákně a ve výbušném prostředí po proudové smyčce IEC 1158-2. Linková vrstva (Fieldbus Data Link) definuje mechanismus přístupu účastníka na přenosové médium (token passing, master-slave) a zabezpečuje tvorbu zprávy na úrovni bitového řetězce včetně generování kontrolních částí.

Aplikační vrstva, která je nejvyšší vrstvou v referenčním modelu ISO/OSI, poskytuje jednotlivé služby nezbytné pro realizaci komunikace z hlediska uživatele.

V současné době existují tři varianty komunikačního standardu Profibus:

- Profibus DP (Decentralized Periphery)-

jedná se o nejjednodušší a nejrozšířenější variantu Profibusu, určený pro rychlou komunikaci typu master-slave. Je vhodný zejména pro rychlý přenos signálů z procesu pomocí decentralizovaných periférií a odloučených I/O jednotek. Komunikačním médiem je buď kroucená dvojlinka (standard RS-485), nebo optické vlákno při rychlosti až 12 Mbitů/s. - Profibus FMS (Fieldbus Message Specification) - nabízí komunikační standard pro komunikaci v heterogenním prostředí a s velkou množinou služeb pro práci s daty, programy

a alarmy. Komunikačním médiem je podobně jako u varianty Profibus DP buď kroucená dvojlinka (standard RS-485), nebo optické vlákno, avšak rychlost je už nižší.

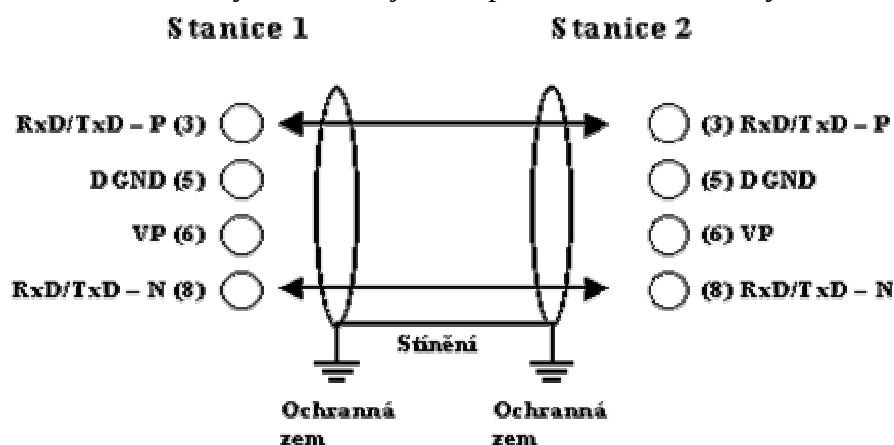
- Profibus PA (Process Automation) –

používá rozšířenou normu Profibus DP a je určen pro řízení pomalých procesů zvláště ve výbušném prostředí, neboť odpovídá jiskrové bezpečnosti. Aby bylo možné síť využívat v tomto prostředí, je použita i speciální fyzická vrstva - proudová smyčka podle standardu IEC 1158-2. komunikující stálou rychlostí 31,25 kbit/s.

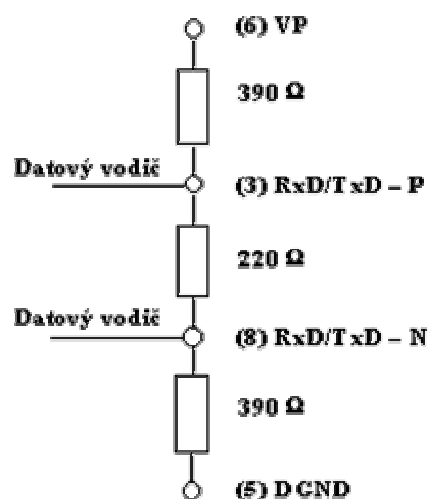
2.Přenos pomocí rozhraní RS 485

Nejčastěji se používá metalického vedení, které vychází z rozdílové napěťové sběrnice podle standardu RS 485 (někdy též pod označením H2).

Jako fyzického média je použito stíněné kroucené dvojlinky, jejíž velikost impedance se pohybuje od 135 do 165 Ω . Každý segment sběrnice musí být na obou svých koncích ukončen aktivním terminátorem, který obsahuje mimo přizpůsobovacího odporu konce vedení R_t (220 Ω) ještě odpory R_d a R_u (390 Ω), pomocí nichž je definován stav vedení v době, kdy žádné zařízení nevysílá. Pro zajištění správné funkce musí být oba terminátory napájeny.



Kabeláž u rozhraní RS 485 na síti Profibus



Sběrníkové zakončení u rozhraní RS 485

U této varianty se používá kódování typu NRZ. Pro přenos znaku je použito 11bitové kódování znaků typu UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, s jedním start bitem, jedním stop bitem, 8 informačními bity a jedním paritním bitem (sudá parita) dle normy DIN 19244.

Celkem lze zapojit 32 stanic v jednom segmentu, celkem však 127 stanic dohromady.

Maximální délka sítě Profibus se pohybuje od 100 m (při přenosové rychlosti 12 Mbit/s) až do 1200 m (při přenosové rychlosti 9,6 Kbit/s) v závislosti na volbě přenosové rychlosti.

Přenosová rychlost [Kbit/s]	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1500	12000
Délka segmentu [m]	1200	1200	1200	1000	400	200	100
Přenosová rychlost sítě Profibus v závislosti na rozlehlosti sítě							

Díky opakovačům lze tuto délku prodloužit až na 10 km. Další parametry jsou uvedeny v tabulce:

Parametr	Hodnota
Kapacita [pF/m]	< 30
Odpor smyčky [W/km]	110
Průřez vodiče [mm ²]	> 0,34
Parametry sítě Profibus při rozhraní RS 485	

Jedním vysílačem lze na sběrnici RS 485 budit až 32 účastníků sítě Profibus (aktivních, pasivních nebo opakovačů). Pro potřebu připojení více účastníků než je 32 stanic povolených standardem RS 485 či pro zvětšení rozlehlosti sítě při zachování přenosové rychlosti, se používá opakovače (repeater), který propojuje segmenty mezi sebou. Celkově však nesmí být překročen maximální počet účastníků připojených k jedné síti daný adresovacími možnostmi standardu Profibus, tj. 127 účastníků (aktivních nebo pasivních).

Opakovač slouží k regeneraci signálu a také galvanicky odděluje jednotlivé segmenty. Pomocí opakovačů je možné realizovat jak sériové řazení segmentů, tak i odbočení. Jediným hlediskem pro spojování segmentů je čas potřebný pro přenos signálu mezi nejvzdálenějšími stanicemi. V praxi se sériově řadí maximálně 10 segmentů.

Připojení účastníků na sběrnici je ve většině případů realizováno 9pinovým D-Sub konektorem. Popis jednotlivých signálů:

* nepovinné piny, nemusejí se zapojovat

Pin	Signál	Popis
1*	Stínění	Stínění
2*	M24	Zemnicí signál od napájení +24 V
3	RxD/TxD - P (B-line)	Kladný signál pro příjem a vysílání dat
4*	CNTR - P	Řídicí signál pro opakovače (řízení směru)
6	VP	Napájení +5 V

7*	P24	Napájení +24 V
8	RxD/TxD - N (A-line)	Záporný signál pro příjem a vysílání dat
9*	RTS - N	Řídicí signál pro opakovače (řízení směru)
Zapojení signálů na konektoru sub D pro Profibus		

3. Přenos pomocí optického vlákna

Optického vlákna se používá pro jeho vysokou odolnost vůči elektromagnetickému rušení, vysokou přenosovou rychlost a možnost použití na větší vzdálenosti.

V dnešní době se používají jednak skleněná optická vlákna (v délce až 2 km), tak i levná plastová optická vlákna (v délce až 50 m). K těmto optickým vláknům jsou dnes k dispozici i speciální konektory s integrovaným převodníkem RS 485 na optické rozhraní a opačně, což umožňuje jednoduše kombinovat metalický a optický rozvod v jedné síti.

4. Linková vrstva

Tato druhá vrstva (někdy se též nazývá jako spojová), která opět vychází z referenčního modelu ISO/OSI, zabezpečuje mimo služeb pro blokový přenos dat především řízení přístupu na sběrnici. U standardu Profibus se tato vrstva označuje jako Fieldbus Data Link (FDL) a je nejnižší vrstvou, ke které je v některých speciálních případech realizován přístup aplikačních programů.

Jelikož na sběrnici nemůže současně vysílat více účastníků (následná kolize dat), musí být stanovena metoda řízení přístupu na sběrnici, která zajistí, kdy je které zařízení oprávněno vysílat na sběrnici. Musí být zajištěno, že v danou chvíli má právo na vysílání dat pouze jedno zařízení. U sítě Profibus tato metoda vychází z následujících požadavků:

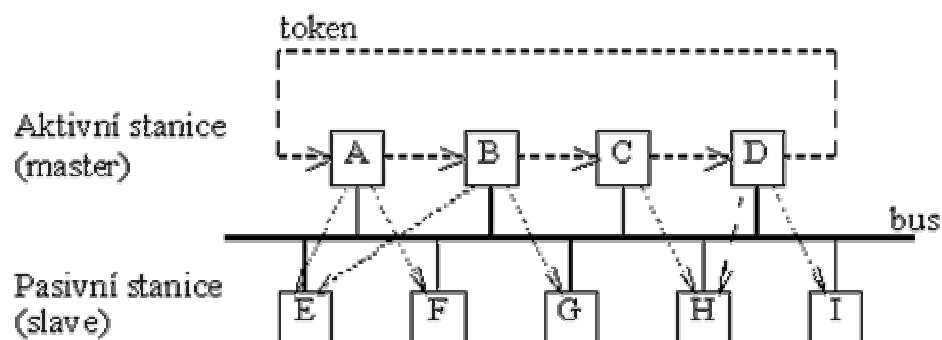
- **u složitějších automatizačních zařízení musí být zajištěn dostatečný prostor na provádění jejich komunikačních úloh**
- **co možná nejjednodušší a nejrychlejší cyklická výměna dat mezi automatizačním zařízením a jemu přiřazenými jednoduchými vstupně/výstupními zařízeními**

Jedním z možných řešení je použití kombinace dvou základních metod řízení přístupu na sběrnici:

- **metoda token passing (předávání pověření v logickém kruhu) pro komunikaci mezi aktivními zařízeními**
- **metoda master-slave (centrálně řízené dotazování) pro komunikaci mezi aktivním a jemu přidělenými zařízeními**

S použitím těchto metod přístupu lze implementovat systém s následující konfigurací :

- čistý master - slave systém
- čistý master - master systém (token passing) nebo kombinace obou.



Princip přístupu k síti u sítě Profibus

Protože metoda token passing patří k decentralizovaným metodám řízení přístupu na sběrnici musí každé aktivní zařízení připojené na sběrnici realizovat mechanismus předávání pověření k přístupu na sběrnici. Z řady těchto aktivních zařízení vzniká logický kruh, který je vlastně tvořen těmito stanicemi uspořádanými vzestupně podle jejich adresy. V době, kdy se ke sběrnici nepřipojují nová zařízení a ani se neodpojují, pak každá aktivní stanice zná adresy svých aktivních sousedů, tj. zná v tomto logickém kruhu svého předchůdce, od kterého dostane pověření (token) a svého následníka, kterému pověření zasílá. Maximální dobu, za níž každá stanice získá právo vysílat (označovaná jako TTR - Target Rotation Time - žádaná doba oběhu pověření), lze nastavit.

Jedním ze základních požadavků kladených na průmyslové komunikační sběrnice je možnost připojovat a odpojovat jednotlivé účastníky ke sběrnici, aniž by to mělo vliv na činnost ostatních zařízení. S tím souvisí hledání nově připojených zařízení na sběrnici. Toto obstarává každé zařízení v rámci tzv. režijních činností, kdy na sběrnici kontroluje adresní prostor od adresy o jedničku větší než je vlastní adresa zařízení a končí adresou o jedničku menší, než je adresa jeho následovníka v logickém kruhu. Adresní prostor je ukončen tak, že se po adrese 126 pokračuje adresou 0. Jak často se tento adresní prostor má prohledávat, či kolik maximálně adres má dané zařízení kontrolovat, lze jednoduše navolit.

V případě odpojení zařízení nepřijde potvrzení o přijetí pověření následníkem a pověření je tak zasláno dalšímu nalezenému zařízení. Zároveň jsou připraveny mechanismy reagující na ztrátu pověření apod.

Pro přenos dat jsou v této vrstvě implementovány dvě komunikační služby:

- SRD (Send and Request Data with reply) - Lze přenášet data na vzdálenou stanici a současně od této stanice přijímat. Používá se pro cyklickou komunikaci.
- SDN (Send Data with No acknowledge) - Zaslání zprávy bez potvrzení příjmu. Používá se pro zprávy typu broadcast a multicast.

5.Profibus DP

Varianta Profibus DP nachází své uplatnění díky rychlé cyklické výměně dat na nejnižší úrovni komunikačního modelu CIM (Computer Integrated Manufacturing), tzn. v komunikaci mezi programovatelnými řídicími automaty a jejich decentralizovanými vstupy a výstupy (v/v). Výměna dat probíhá mezi programovatelným automatem (master) a jednotlivými vstupně/výstupními zařízeními (slave) cyklicky. Avšak pro speciální účely (náběh komunikace, konfigurování zařízení, diagnostika atd.) jsou k dispozici acyklické služby.

6.Diagnostické funkce

Tyto rozsáhlé diagnostické funkce dovolují rychlé nalezení chyb. Diagnostické zprávy jsou posílány na sběrnici a jsou shromažďovány v masterovi. Tyto zprávy jsou rozděleny do třech skupin:

- Diagnostika stanic - tyto zprávy se týkají běžných operačních stavů stanic (tj. nadměrná teplota, nízké napětí).
- Diagnostika modulů - tyto zprávy naznačují, že v některé I/O oblasti (např. v 8bitovém výstupním modulu) jsou nevyřešené diagnostiky
- Diagnostika kanálů - v tomto případě je příčina chyby specifikována ve spojení s jednotlivými vstupně/výstupními bity (kanál), např. zkrat na výstupu 7.

7.Konfigurace systému a typy zařízení

Profibus DP podporuje monomaster nebo multimaster systém, které tak poskytují vysokou pružnost v průběhu konfigurace systému. Každý DP systém obsahuje řadu zařízení, které lze rozdělit do následujících tří skupin:

- DP Master Class 1 (DPM1) - je to řídicí zařízení realizující cyklickou komunikaci s podřízenými zařízeními: nejčastěji realizováno pomocí programovatelného automatu (Programmable Logic Controller - PLC), počítače PC apod.;
- DP Master Class 2 (DPM2) - jde o řídicí zařízení pro realizaci diagnostických a monitorovacích funkcí používaných při uvádění sítí Profibus DP do provozu nebo při provozu pro monitorovací účely;
- DP Slave - jedná se o periferní zařízení (v/v zařízení, pohony, ventily, operátorské panely atp.), která získávají vstupní informace pro řídicí zařízení a poskytují výstupní informace od řídicího zařízení. Jsou také zařízení, která poskytují pouze vstupní nebo pouze výstupní informace. Množství vstupních a výstupních informací závisí na typu zařízení, maximálně však může zařízení poskytovat 246 bajtů dat vstupních a požadovat 256 bajtů dat výstupních.

V konfiguraci monomaster je na sběrnici pouze jedno aktivní zařízení typu DPM1. Komunikace mezi tímto zařízením a pasivními zařízeními typu DP Slave je realizována metodou master-slave.

V konfiguraci multimaster je na sběrnici připojeno několik aktivních řídicích zařízení. Tyto aktivní zařízení představují buď několik nezávislých subsystémů, skládajících se z jednoho zařízení DPM1 a jemu přidělených zařízení typu DP Slave; nebo přidavné konfigurační a

diagnostické zařízení typu DPM2. Norma samozřejmě připouští i sdílení zařízení typu DP Slave několika řídicími zařízeními, ale pouze v případě vstupních zařízení typu DP Slave. Možnost zapisovat na výstupy má pouze zařízení DPM1, které konfigurovalo dané výstupní zařízení DP Slave. Mezi jednotlivými řídicími zařízeními dochází k předávání pověření k přístupu na sběrnici metodou token passing a v době, kdy řídicí zařízení vlastní právo přístupu na sběrnici, realizuje cyklickou výměnu dat se svými zařízeními DP Slave. Tato varianta vykazuje z hlediska jednotlivých podsystémů delší doby trvání komunikačního cyklu

8. Implementace Profibus DP

K výrobě vlastního zařízení typu master či slave zařízení připojitelné na Profibus DP, lze přistupovat třemi způsoby:

- bez obvodu ASIC (Application Specific Integrated Circuit) - kompletní protokol Profibus DP lze naprogramovat do libovolného dostatečně výkonného počítače s asynchronním sériovým rozhraním UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter). Nevýhodou tohoto řešení je nutnost složitého programu. Zatížení procesoru je příliš velké a je obtížné dosáhnout komunikačních rychlostí nad 500 Kbit/s.
- samostatný obvod ASIC - tento zákaznický obvod, kterého se používá na implementaci protokolu Profibus, lze v některých případech použít i samostatně. Případné nastavení lze uložit v jejich paměti EPROM. Tyto obvody jsou ideální pro realizaci jednoduchých slave zařízení, avšak nemají velkou možnost se přizpůsobit některým požadavkům uživatele.
- Obvod ASIC s jednoduchým počítačem - nejrozšířenější řešení, kdy se spolu s obvodem ASIC použije jednoduchého (jednočipového) počítače. Obvod ASIC obsahuje buď celý protokol Profibus a počítač se používá jen k nakonfigurování obvodu ASIC a zpracování vstupních a výstupních dat, nebo se použije obvod ASIC obsahující jen časově kritickou část protokolu a zbylá část se řeší softwarově v připojeném procesoru. Obě možnosti dovolují provozovat zařízení na vysokých komunikačních rychlostech. Nevýhodou je obtížnější aplikaci složitých obvodů ASIC, kterou se však výrobci snaží zjednodušit dodáváním pomocného firmware pro ovládání ASIC obvodu.

- Sběrnice IEEE 1394b/FireWire -

FireWire, iLink, IEEE 1394 jsou tři rovnocenná označení rychlé sériové sběrnice s asynchronním a izochronním módem (v článku je pro stručnost používáno také zkrácené označení 1394). Sběrnice, vyvíjená od roku 1985 pod názvy *FireWire* (ochranná známka firmy Apple) a *iLink* (ochranná známka firmy Sony), měla původně nahradit rozhraní SCSI. K vývoji se přidaly i další firmy a vznikla *IEEE P1394 Working Group*, jež ukončila svoji práci v roce 1995 vytvořením mezinárodní otevřené normy IEEE Std. 1394-1995 pro sběrnici vyznačující se v té době bezkonkurenční rychlostí přenosu 400 Mb/s. Ještě o rok dříve byla založena obchodně-technická skupina *1394 Trade Association*, jejímž cílem bylo jednak zajistit další technický vývoj, jednak získat a vybudovat novému standardu postavení na trhu. V roce 2000 byla dokončena vylepšená a zoptimalizovaná sběrnice *1394a*. S příchodem

levnější sběrnice USB 2.0 s rychlostí přenosu 480 Mb/s v témž roce vznikla standardu FireWire silná konkurence. Místo na původní záměr, kterým bylo získat dominanci v oblasti PC, se skupina 1394 Trade Association soustředila na získání výsadního postavení v multimediální technice, na klonování sběrnice pro TCP/IP a pro bezdrátový přenos a zejména na proniknutí do průmyslové automatizační techniky. Prvním krokem k tomu bylo zvýšení přenosové rychlosti na 800 a 1 600 Mb/s, prodloužení maximální možné vzdálenosti mezi připojenými jednotkami a zavedení nových druhů kabelů a konektorů. Tyto změny jsou zakotveny ve specifikaci *1394b* (2002).

Základní vlastnosti a parametry:

Rychlost přenosu

100, 200 nebo 400 Mb/s (S100, S200, ...); řídí se podle nejpomalejšího přístroje

Kabel

čtyř- nebo šestižilový (2 × 2 žíly pro TPA a TPB; 2 × 2 žíly pro TPA a TPB + 2 žíly pro napájení)

Provedení kabelu

pouze stíněný kroucený pár vodičů (STP)

Vzdálenost mezi sousedními přístroji

závisí na rychlosti sběrnice (např. 4,5 m při S400, 14 m při S200 atd.)

Přenos TCP/IP

přenos IP přes 1394 je možný (u počítačů Mac jako standard)

Topologie

stromová, kruhové struktury vyloučeny; koncová zařízení na sběrnici nevyžadují terminátory

Přenos dat

obousměrný, prostřednictvím paketů

izochronní mód k práci v reálném čase

asynchronní mód, *peer-to-peer*

Délka sběrnice při zřetězení

maximálně 72 m (*daisy chain*)

Počet uzlů v segmentu

až 63 (při řetězení do 16 na jedno místo řetězce)

Počet segmentů v systému

až 1 023 (pospojovaných můstky)

Řízení

typu *multimaster* (1 až 63 řídicích uzlů)

Provoz

hot-plug (přístroje lze připojovat za chodu)

automatická vlastní identifikace a adresace přístrojů

Napájení po sběrnici

8 až 33 V DC; 1,5 A; max. 48 W

Ovladače

standard u verzí Windows vyšších než 98/SE, Mac vyšších než 8.6, Linux

Hlavními přednostmi sběrnice 1394 z hlediska jejího použití v průmyslu jsou:

přenosová rychlost dovolující sbírat obrazovou informaci, kterou lze přenášet spolu se vstupy a výstupy a daty pro řízení motorů (*motion control*); kamera zapojená do regulačního obvodu umožňuje řídit pohyby stroje přímo na základě vizuálně získávaných informací,

synchronizace taktu jednotlivých uzlů, umožňující velmi přesně řídit (časová nejistota je menší než 500 ps),

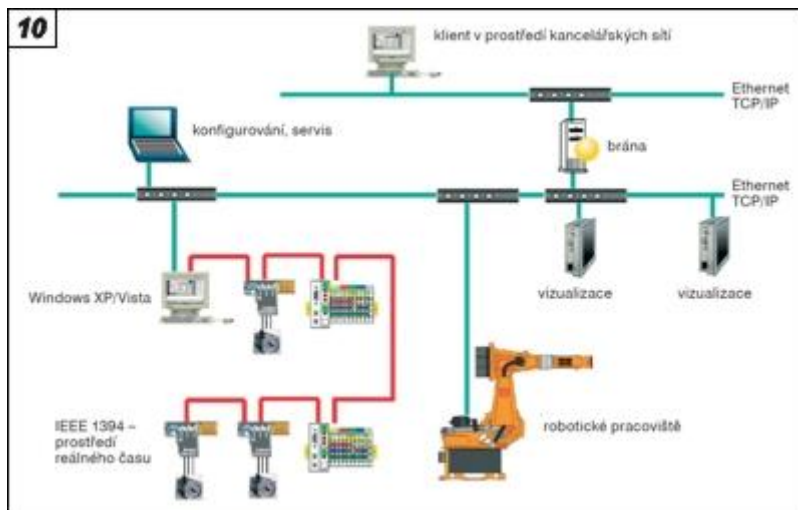
asynchronní přenos jako metoda zajišťující informaci o úspěšnosti přenosu kritických dat nebo dat citlivých z hlediska bezpečnosti či o důvodu neúspěchu přenosu,

žádná omezení topologie sítě s komponentami podle specifikace 1394b; možné jsou architektury jak stromové, tak kruhové; všechny uzly jsou si rovnocenné, každý může komunikovat s každým, takže na centrální řízení nejsou kladeny nereálné časové požadavky a zcela k němu postačuje běžné PC.

Přestože sběrnice 1394 nabízí prostřednictvím protokolu IPower 1394 i typické služby na bázi Ethernetu, v praxi lze spíše očekávat smíšené konfigurace: sběrnice 1394 pro komponenty řešící úlohy reálného času a Ethernet pro kontrolní, servisní a vizualizační služby.

5. Příklady použití sběrnice 1394

Způsob použití sběrnice 1394 k rychlému řízení pohybu a polohy na základě obrazové informace je naznačen na *obr. 9*. Jak se např. začlení sběrnice 1394 s vlastnostmi reálného času do prostředí podnikových sítí, ukazuje *obr. 10*. K realizaci obdobných řídicích úloh je určena řada nových produktů.



Obr. 10. Sběrnice 1394 v průmyslu v prostředí nadřazených sítí Ethernet (zdroj: J. Gorka, 1394automation e. V., 32423 Minden)

Průmyslový systém pro úlohy typu *motion control* na bázi sběrnice 1394 představuje např. řadič NYCe 4000 od firmy Bosch Rexroth (dříve Nyquist), integrující řadiče a pohony do jediné jednotky a šetřící tak prostor a kabeláž a eliminující složitost

propojení. Cílovou oblastí jsou pohony s výkonem mezi 100 W a 1 kW. Nový řadič, postavený na specifikaci 1394b, pojme až čtyři zásuvné karty pro pohony (karta pro řízení dvou os je koncipována pro výkon 500 W na osu; při řízení jediné osy se výkon zvětšuje na 1 kW). Při rychlosti přenosu 800 Mb/s lze v reálném čase sledovat proměnné pro řadič pohybu i vybrané parametry, jako např. proud motoru. Softwarový osciloskop na PC umožňuje současně zobrazit časové průběhy i několika sledovaných parametrů.

4.Seznam literatury

ZEZULKA, FR.: Automatizační prostředky, VUT Brno 1999;

COMPUTER PRESS Automatizace a automatizační technika I.;

Martinásková Marie, Šmejkal Ladislav - PLC a automatizace 1 - základní pojmy, úvod do programování;

Internet;

<http://www.maxim-ic.com/>;

5.Vlastní ukázkový model a aplikace

Jedná se o teploměr, který se připojuje k počítači přes sériový port. Ke komunikaci je vytvořen program který slouží k měření vnější a vnitřní teploty pomocí čidla firmy DALLAS SEMICONDUCTOR DS1621. Poskytuje bohaté možnosti práce s naměřenými hodnotami. Program umožňuje ukládání naměřených hodnot, kontrolu teplot, vykreslování grafů, skrytí do systémové lišty. Samozřejmostí je automatická detekce připojených čidel a jednoduchá konfigurace.

Obvodová část teploměru

Obvodové zapojení teploměru je díky použití integrovaného snímače teploty DS1621 velmi jednoduché. Veškerou komunikaci s teplotními čidly obstarává program a proto nejsou třeba téměř žádné pomocné obvody. Výjimku tvoří obvod MAX232, který slouží k vzájemnému převodu napětíových úrovní mezi TTL a sériovým rozhraním PC. Vzhledem k minimální spotřebě použitých komponent je celé zařízení napájeno ze sériového portu. Výstupní napětí portu je přes ochranné diody D1 a D2 přivedeno na vstup integrovaného stabilizátoru LM2936Z-5. Chod zařízení je indikován LED diodou D3. Jednoduchost celého zařízení ukazuje blokové schéma.



Integrovaný snímač teploty DS1621

Výrobce integrovaného snímače teploty DS1621 je firma DALLAS SEMICONDUCTOR. Při použití tohoto senzoru se získává přímo číslíkový ekvivalent měřené teploty čímž mizí problémy s linearizací a kalibrací, případně převodem A/D, což je v případě číslíkového systému výhodné. Senzory jsou kalibrovány již při výrobě. Funkce je založena na měření počtu cyklů teplotně závislého oscilátoru po dobu odvozenou z oscilátoru teplotně stabilního. Adresovatelné obvody lze připojit v počtu až 8 na sběrnici I2C, jeli třeba získávat informaci o teplotě ve více místech.

Základní parametry obvodu:

teplotní rozsah od -55 °C do 125 °C s rozlišením 0,5 °C
zprostředkování teploty pomocí 9 bitů (2 bajtů)
převod teploty během jedné sekundy
komunikace pomocí I2C sběrnice
napájecí napětí 2,7V - 5,5V
integrovaný termostat

Obvod se vyrábí v 8vývodovém pouzdru DIL se zapojením vývodů podle pc teploměr., je dostupný také v pouzdru SOIC pro SMD. Význam jednotlivých vývodů je následující.

SDA datový vodič

SCL připojení hodinového signálu

Tout výstup termostatu

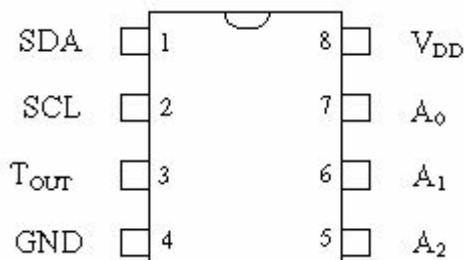
GND zem

A2 adresování IO

A1 adresování IO

A0 adresování IO

VDD napájení IO



Teplota je čidlem reprezentována pomocí devíti bitů obsažených ve dvou bajtech které jsou posílány po I2C sběrnici. Příklady vysílaných bajtů jsou uvedeny v tabulce. Samotná komunikace s obvodem probíhá dle standardních regulí platných pro komunikaci na sběrnici I2C. PC zde ve většině komunikace představuje zařízení MASTER, zatímco senzor je SLAVE. Pouze při posílání teploty se stav zařízení vymění.

Teplota Digitální výstup

+125°C 01111101 00000000

+25°C 00011001 00000000

+0,5°C 00000001 10000000

+0°C 00000000 00000000

-0,5°C 11111111 10000000

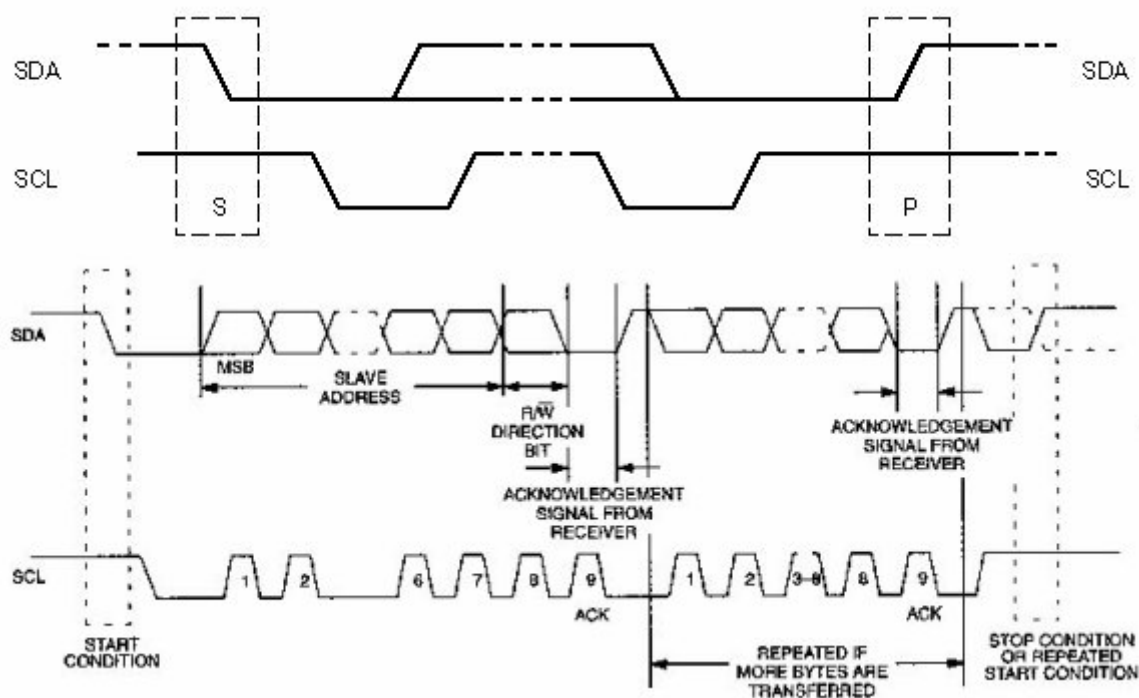
-25°C 11100111 00000000

-55°C 11001001 00000000

Sběrnice I²C

Sběrnice I2C (Inter Integrated Circuit) je dvou vodičovou sériovou sběrnici. Tuto sběrnici vyvinula firma Philips pro komunikaci integrovaných obvodů. Standardní komunikační rychlost je do 100kb/s. V režimu fast lze dosáhnout rychlosti až 400kb/s. V režimu high-speed lze dosáhnout rychlosti až 3.4Mb/s (verze 2.0). Sběrnice sestává ze dvou vodičů - SDA (Serial Data) a SCL (Serial Clock). V nejjednodušším případě je na sběrnici jedno zařízení MASTER a jedno nebo více zařízení SLAVE. Zařízení, které pracuje jako MASTER, řídí sběrnici. Pokud si zařízení MASTER přeje zahájit komunikaci, vyšle nejprve adresu cílového zařízení. Zařízení SLAVE poslouchají na sběrnici. Pokud některé zařízení SLAVE zjistí, že byla zařízením MASTER vyslána jeho adresa, potvrdí přijetí pomocí signálu -ACK (přidrží SDA ve stavu L) po dobu devátého hodinového impulsu. Adresa je sedmi bitová. Osmý bit [Read/-Write] je použit pro signalizaci režimu komunikace. Pokud je tento bit nastaven na 1, bude se ze zařízení SLAVE číst. V opačném případě bude proveden zápis. Na začátku každé komunikace vysílá zařízení MASTER start sekvenci. Na konci komunikace potom zařízení MASTER vyšle stop sekvenci. Stav vodiče SDA je možné měnit pouze tehdy, pokud je vodič SCL ve stavu L. Pokud je vodič SCL ve stavu H, považuje se stav na vodiči SDA za platná data. Výjimku z tohoto pravidla tvoří pouze start sekvence a stop sekvence.

Zařízení jsou na sběrnici připojena pomocí obvodů v zapojení open-collector. Úroveň H je na sběrnici v klidovém stavu tvořena upínacími rezistory, které jsou připojeny na napájecí napětí. To znamená, že kterékoliv zařízení může ovlivňovat stav na vodičích SDA a SCL bez nebezpečí zničení jiného zařízení. Této přednosti se také využívá pro řízení toku dat. Pokud dojde při komunikaci dvou zařízení k tomu, že jedno zařízení je zaneprázdněno a nemůže pokračovat v komunikaci, přidrží stav vodiče SCL na úrovni L a tím signalizuje stav wait. Komunikace je pozastavena a pokračuje se až po uvolnění vodiče SCL.



Integrovaný stabilizátoru LM2936Z-5

Jedná se o speciální stabilizátor napětí s extrémně nízkou spotřebou a malým úbytkem. Jeho použití je nutné kvůli velmi nízkému proudu, který je možné získat ze sériového portu počítače.

Základní parametry obvodu:

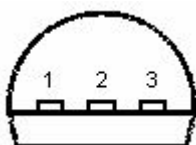
výstupní napětí: 5V
 maximální výstupní proud: 50mA
 maximální úbytek napětí: 200mV
 ochrana proti přepólování

Obvod se vyrábí v 3vývodovém pouzdru TO92 se zapojením vývodů podle pčteplomer, je dostupný také v pouzdru SOT-233 pro SMD. Význam jednotlivých vývodů je popsán v tab.

1 vstup

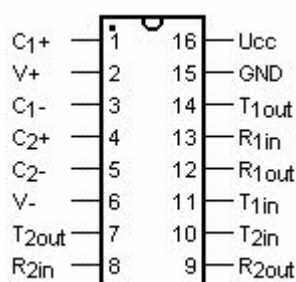
2 zem

3 výstup



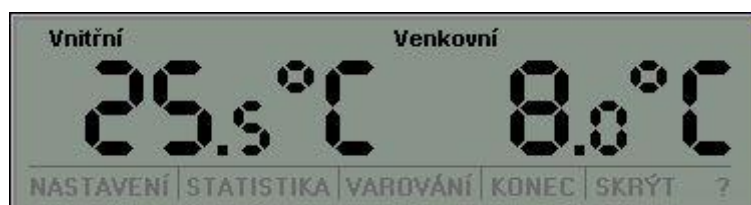
Integrovaný obvod MAX232

Integrovaný obvod MAX232 firmy Maxim Integrated Circuits je obousměrný konvertor RS-232 / TTL napájený ze zdroje +5V. Obsahuje 2 konvertory RS-232 => TTL (CMOS) a 2 TTL (CMOS)=> RS-232. Oba druhy invertují signál, aby se dosáhlo požadovaného výstupu. Obvod má ke své činnosti zabudovaný napěťový násobič a invertor. Násobič používá kondenzátor C1 ke znásobení napětí +5V na +10V na kondenzátoru C3 (výstup V+) a invertor C2 k inverzi napětí +10V na -10V na kondenzátoru C4 (výstup V-). Jejich hodnota je 1 uF. Obvod MAX233 je dvacetipinovou obdobou šestnáctipinového MAX232, který má tyto čtyři elektrolytické kondenzátory zabudované v sobě. Oba obvody mají přenosovou rychlost 120kb/s a vyrábějí se v různých variantách pouzder. Firma Maxim vyrábí také integrované obvody MAX232A a MAX233A, které se od uvedených typů liší pouze vyšší přenosovou rychlostí 200kb/s a menšími hodnotami kondenzátorů - 0,1uF.



Programová část

Obslužný program je vytvořen v programovacím jazyce C++ Builder. K práci se sériovým portem jsou využity API funkce což díky absenci obslužných komponent značně zjednodušuje instalaci i případné šíření programu. I přes jednoduchost programu jsem vytvořil nápovědu, která má práci s programem ještě zjednodušit.



Konstrukční uspořádání

Výrobek je řešen na dvou deskách plošných spojů. Na základní desce se nachází stabilizátor napětí spolu s převodníkem, vnitřním teplotním čidlem a konektorem pro připojení externího teplotního čidla. Základní deska je umístěna v krabici výrobcem označované KPA1. U krabice je zmenšena výška o 7mm a je zde provedeno několik konstrukčních úprav. Navrchu krabice je vytvořen 3mm otvor pro LED diodu. V přední části krabice je vytvořen otvor sloužící k přístupu ke konektoru K2. Další úpravou je otvor v zadní části krabice kterou je proveden kabel k PC. Upevnění základní desky ke krabici je provedeno pomocí čtyř distančních sloupků umístěných v rozích krabice. Distanční sloupky

mají délku 2cm a průměr závitu 3mm. Zakrytí krabičky je provedeno víčkem u kterého jsou v rozích vytvořeny otvory pro šrouby kterého ho upevňují ke krabičce. Tyto šroubky patří do již zmiňovaných distančních sloupků. Samotný plošný spoj leží na distančních sloupcích na které je přitlačován gumovou podložkou umístěnou za víčkem. Na straně krabičky je také vytvořen otvor sloužící k cirkulaci vzduchu mezi krabičkou a okolím. Otvor je zakryt kovovou mřížkou. Vnější čidlo je kvůli jeho integrované podobě a způsobu zapouzďení také umístěno na desce plošných spojů. Deska plošných spojů je však velmi jednoduchá. Kromě samotného čidla se zde nachází pouze otvory pro připojení spojovacího kabelu a několik dalších konstrukčních otvorů. Samotné spojení externího čidla s základní deskou je provedeno pomocí čtyřžilového telefonního kabelu. Spojení základní desky s PC zajišťuje šestižilový nestíněný kabel u kterého je jedna žíla nevyužita.

6. Přílohy

Elektrická schémata :

Schéma pro základní desku

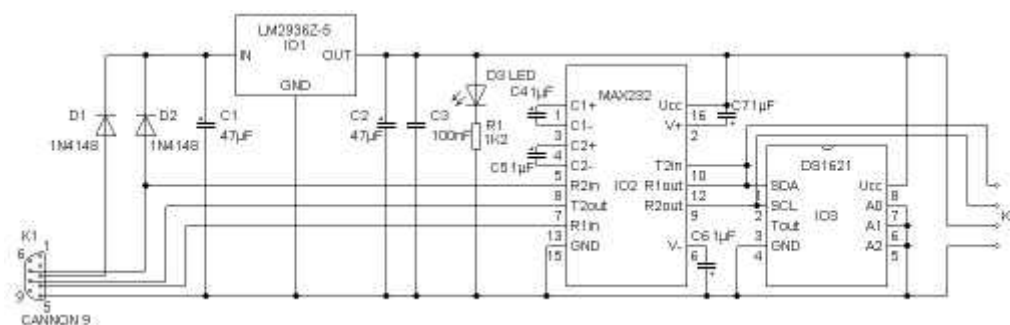
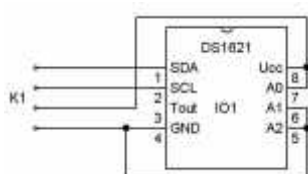
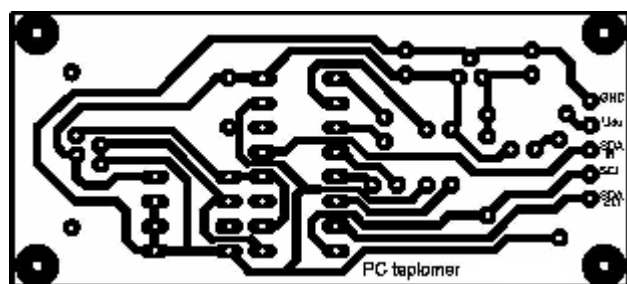


Schéma pro externí čidlo

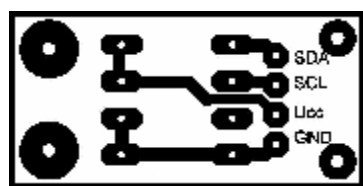


Desky plošných spojů :

Deska plošných spojů pro základní desku

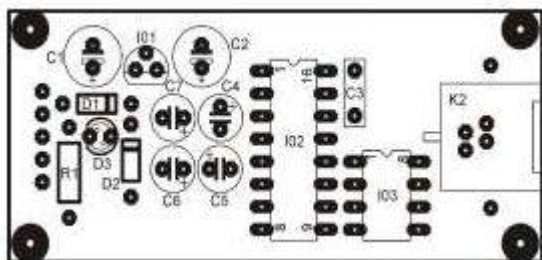


Deska plošných spojů pro externí čidlo

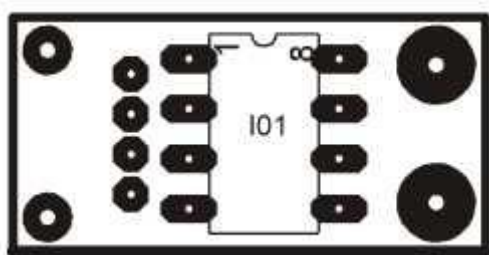


Osazovací výkresy:

Osazovací výkres pro základní desku



Osazovací výkres pro externí čidlo



Fotografie:



Rozpiska elektrická

Název desky: Základní deska

Pol.	Množství	Název	Typ	Hodnota	Poznámka
1	2	dioda D1,D2	1N4148	0,15A/75V	
2	2	kondenzátor C1,C2	E47M/16V	47μF	elektrolyt
3	1	stabilizátor napětí IO1	LM2936Z-5	5V	
4	1	kondenzátor C3	CK 100N/63V	100nF	keramický
5	1	rezistor R1	RR 1K2	1,2k Ω	
6	1	LED dioda D3	L-3MM	Zelená	3mm
7	4	kondenzátor	E1M/16V	1μF	elektrolyt
8	1	RS232 převodník IO2	MAX232		
9	1	vnitřní teplotní senzor	DS1621		
10	1	konektor K2	WEBP4-4		

Název desky: Externí čidlo

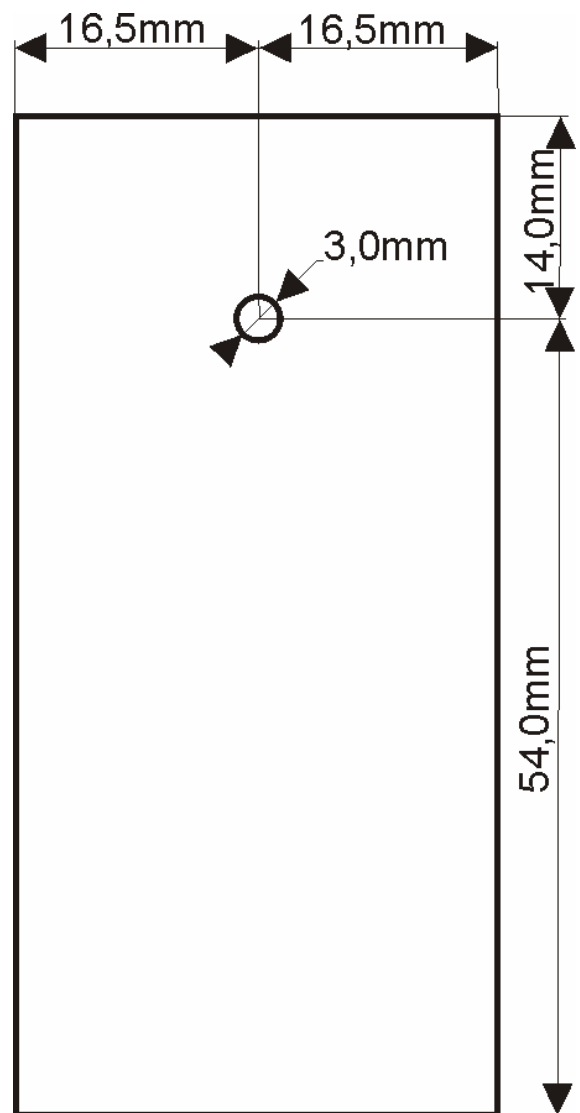
1	1	vnější teplotní senzor	DS1621
---	---	------------------------	--------

Rozpiska mechanická:

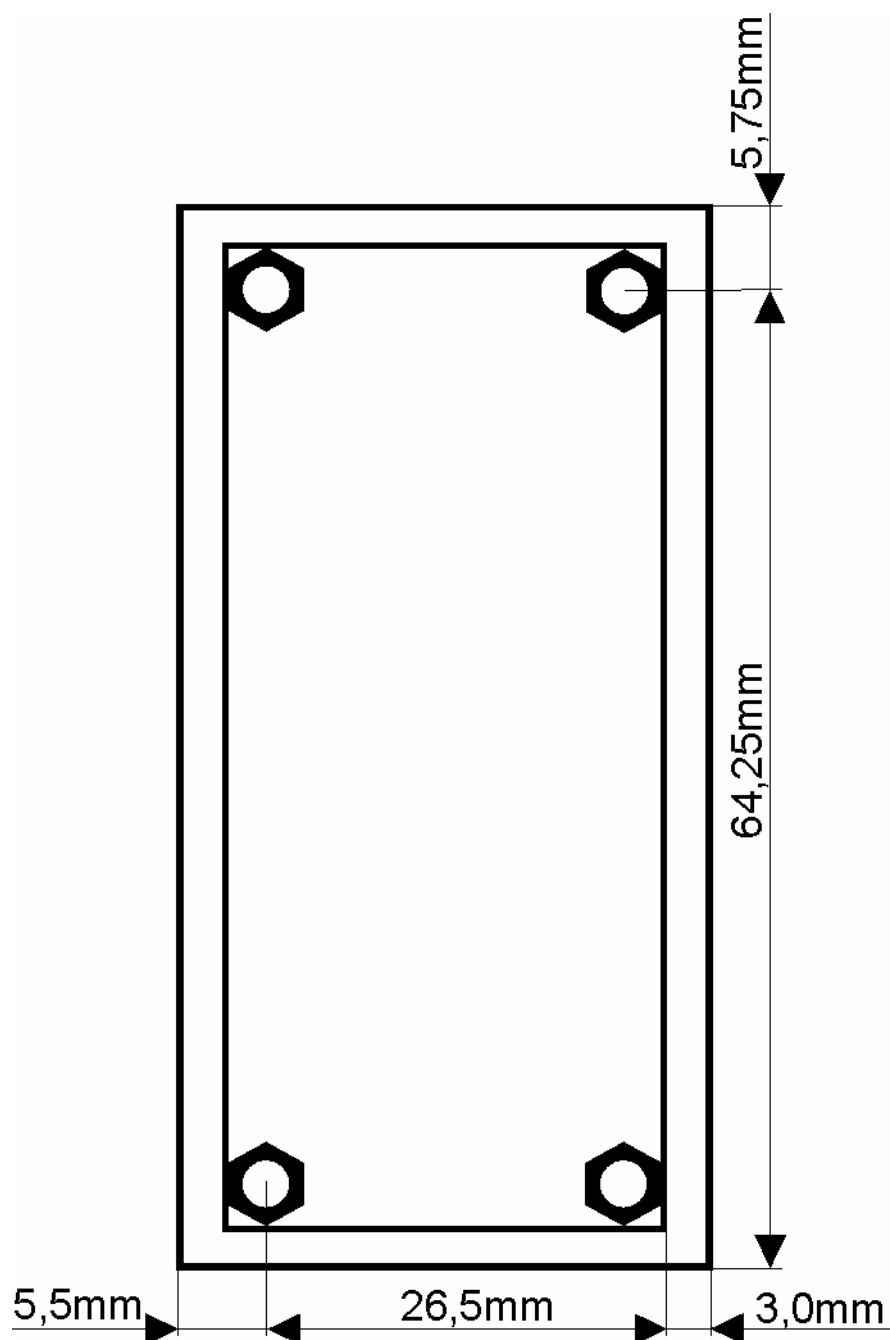
Díl	Počet ks.	Název dílu	Strana dokumentace-ČSN	Poznámka
1	1	krabíčka	KPA1	plastová
2	4	distanční sloupek 20mm		
3	4	šroub se zápusťnou hlavou	M3x10 ČSN 021131.25	
4	1	PC konektor	CAN 9 Z	9-pinový
5	1	PC konektor	WS4-4	4-pinový
6	1	kabel 4-žilový	4 x 1	550cm
7	1	kabel 6-žilový	6 x 1	160cm

Mechanické výkresy:

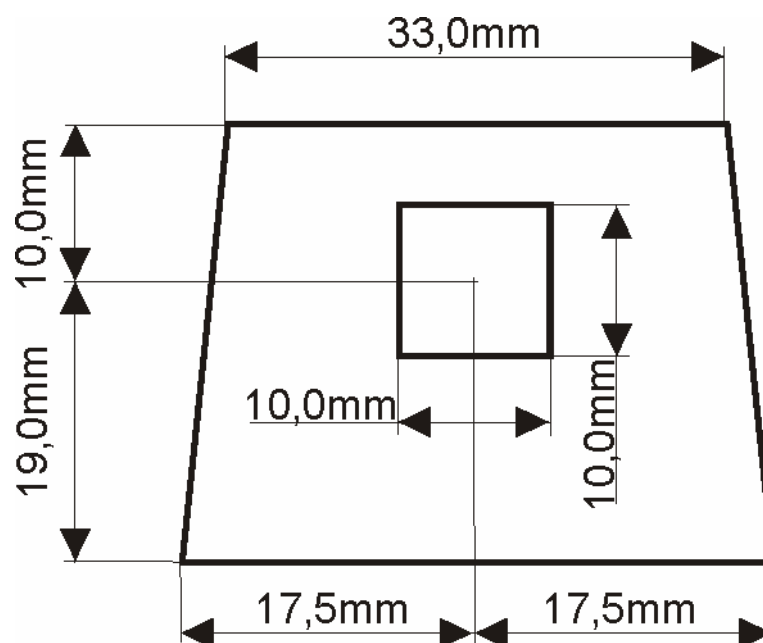
Pohled shora (2:1)



Pohled zdola (2:1)



Pohled ze předu (2:1)



Pohled ze zadu (2:1)

