



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní



PRŮMYSLOVÉ ŘÍDICÍ SYSTÉMY I

Studijní opora předmětu „Průmyslové řídicí systémy“

Petr Novák

Ostrava 2011



Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu OP VK CZ.1.07/2.3.00/09.0147 „Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu“.

Název: Průmyslové řídicí systémy I

Autor: Petr Novák, prof., Dr., Ing.

Vydání: první, 2011

Počet stran: 123

Náklad:

Studijní materiály pro studijní obory Robotika a další Fakulty strojní

Jazyková korektura: nebyla provedena.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.



Název: Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu

Číslo: CZ.1.07/2.3.00/09.0147

Realizace: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

© Petr Novák

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-2710-0

POKYNY KE STUDIU

Pro předmět Průmyslové řídicí systémy jste obdrželi studijní balík obsahující:

Pro studium problematiky návrhu řídicích systémů spodní úrovně na bázi průmyslových PC (IPC) jste obdrželi studijní balík obsahující:

- tento text,
- soubor programů pro komunikaci s vybranými typy modulů určených pro vazbu s binárními a analogovými signály. Použité moduly distribuovaného sběru dat jsou součástí laboratorních úloh tohoto předmětu. Programy jsou k dispozici na laboratorním pracovišti – viz obrázek níže.



Obr. 1.1 Pracoviště s moduly distribuovaných binárních a analogových vstupů a výstupů.

Prerekvizity

Pro studium tohoto předmětu se předpokládá absolvování předmětu Základy elektrotechniky pro neelektrotechnické obory nebo podobný předmět.

Cílem textu

Cílem je seznámení se základními způsoby vazby mezi spodní úrovní řízení a technologií.

Po prostudování modulu by měl student být schopen orientovat se v základních typech konstrukcí průmyslových řídicích systémech na bázi IPC (průmyslový PC) a umět navrhnout blokové schéma řídicího systému spodní úrovně řízení, vybrat vhodné technické prostředky (HW) a nakreslit základní funkční obvodové schéma. Rovněž se bude orientovat v odborné terminologii této oblasti.

Cílem tohoto textu – bohatě doplněného o příklady řešení – je poskytnout takové informace, na základě kterých je možno navrhnout a vyspecifikovat technické prostředky pro zajištění vazby mezi řídicím systémem spodní úrovně a technologickou úrovní, představovanou binárními a analogovými vstupy a výstupy.

Modul je zařazen do magisterského studia oboru Robotika studijního programu Strojní inženýrství, ale může jej studovat i zájemce z kteréhokoliv jiného oboru, pokud splňuje požadované prerekvizity. Jedná se zejména o obory jako Automatické řízení a inženýrská informatika, Mechatronické systémy apod.

Skriptum se dělí na části, kapitoly, které odpovídají logickému dělení studované látky, ale nejsou stejně obsáhlé. Předpokládaná doba ke studiu kapitoly se může výrazně lišit, proto jsou velké kapitoly děleny dále na číslované podkapitoly a těm odpovídá níže popsaná struktura.

Při studiu každé kapitoly doporučujeme následující postup:



Čas ke studiu: xx hodin

Na úvod kapitoly je uveden čas potřebný k prostudování látky. Čas je orientační a může vám sloužit jako hrubé vodítko pro rozvržení studia celého předmětu či kapitoly. Někomu se čas může zdát příliš dlouhý, někomu naopak. Jsou studenti, kteří se s touto problematikou ještě nikdy nesetkali a naopak takoví, kteří již v tomto oboru mají bohaté zkušenosti.



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Popsat ...
-  Definovat ...
-  Vyřešit ...

Ihned potom jsou uvedeny cíle, kterých máte dosáhnout po prostudování této kapitoly – konkrétní dovednosti, znalosti.



Výklad

Následuje vlastní výklad studované látky, zavedení nových pojmů, jejich vysvětlení, vše doprovázeno obrázky, tabulkami, řešenými příklady, odkazy na animace.



Shrnutí pojmů

Na závěr kapitoly jsou zopakovány hlavní pojmy, které si v ní máte osvojit. Pokud některému z nich ještě nerozumíte, vraťte se k nim ještě jednou.



Otázky

Pro ověření, že jste dobře a úplně látku kapitoly zvládli, máte k dispozici několik teoretických otázek.



Úlohy k řešení

Protože většina pojmů tohoto předmětu má bezprostřední význam a využití v praxi, jsou Vám nakonec předkládány i praktické úlohy k řešení. V nich je hlavním významem předmětu schopnost aplikovat čerstvě nabyté znalosti pro řešení reálných situací.

Úspěšné a příjemné studium s tímto učebním textem Vám přeje autor.

Petr Novák

OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	TYPY PRŮMYSLOVÝCH PC.....	11
2.1	Průmyslová pracovní stanice.....	12
2.2	Průmyslové PC šasi	15
2.3	Panelové PC	21
2.4	PC104.....	24
2.5	DIMM PC.....	28
2.6	PC kontrolér	30
2.7	Jiná provedení	30
2.7.1	5.25" Biscuit SBC.....	31
2.7.2	3.5" Biscuit SBC.....	32
2.7.3	EPIC SBC.....	34
2.7.4	Embedded ATX, LPX a Mini/Micro/Nano/Pico ITX.....	35
3	BINÁRNÍ VSTUPY A VÝSTUPY	43
3.1	Binární vstupy	43
3.1.1	TTL vstupy.....	44
3.1.2	Optoizolované binární vstupy	46
3.1.3	Příklady binárních vstupů	47
3.1.4	Program binární vstupy	60
3.2	Binární výstupy	61
3.2.1	TTL výstupy.....	61
3.2.2	Optoizolovaný binární výstup	62
3.2.3	Reléový výstup	64
3.2.4	Příklady binárních výstupů	66
3.2.5	Program binární výstupy	69
3.2.6	Program relé	71
3.3	Čítačové vstupy a výstupy	73
4	ANALOGOVÉ VSTUPY A VÝSTUPY.....	84
4.1	Analogové vstupy.....	84
4.1.1	Integrační A/D převodník.....	91
4.1.2	Kompenzační A/D převodník	92

4.1.3	Paralelní A/D převodník	93
4.1.4	$\Sigma\Delta$ A/D převodník.....	94
4.2	D/A převodník	95
4.2.1	Moduly úpravy signálu	97
4.2.2	Příklady použití A/D a D/A převodníků	98
4.2.3	Program analogové výstupy	104
4.2.4	Program analogové vstupy	104
4.2.5	Program termočlánek	109
4.2.6	Program tenzometrie.....	117
5	ZÁVĚR.....	120
6	DALŠÍ ZDROJE	122

1 ÚVOD

Řídicí systémy založené na mikropočítačích, začaly být v minulosti nahrazovány levnějšími, spolehlivějšími a po technické stránce výkonnějšími systémy s programovatelnými automaty (PLC). Tyto PLC založené zpočátku na jednoduchých mikroprocesorech byly původně zaměřené na cyklické čtení vstupů (převážně binárních), kterými byl reprezentován stav řízeného objektu. Vlastní řídicí program pak pomocí binárních výstupů automatu ovládal řízený objekt. V této etapě se jednalo o náhradu řídicího systému na bázi relé. Postupně s rozvojem mikroprocesorové a analogové součástkové základny se funkční schopnosti PLC rozšiřovaly o možnosti styku s analogovým okolím, komunikaci po síti atd. Původní programování na úrovni strojového kódu použitého mikroprocesoru bylo nahrazeno efektivnějšími vývojovými prostředky, umožňujícími též ladit program, monitorovat, případně simulovat vstupy/výstupy, respektive celý řídicí systém.



Čas ke studiu: 30 minut



Výklad

V současné době jsou řídicí systémy na bázi mikropočítačů, minipočítačů a programovatelných logických automatů (PLC) výkonnými systémy s 16, 32 i 64bitovými mikroprocesory, nicméně jejich používání stále provázají určité problémy a nevýhody. Záměna těchto systémů různých výrobců a případná modernizace části stávajícího systému nejsou zpravidla možné bez změny řídicích programů. Přitom stále platí, že vlastní programování je poměrně těžkopádné a vyžaduje (většinou) připojení externího počítače a vyžaduje specialistu.

Požadavky na moderní koncepci řídicího systému, popřípadě jeho části zajišťující vlastní řízení, byly formulovány předními výrobci automobilů v USA jako tzv. OMAC (Open Modular Architecture Controller). OMAC definuje tyto požadované vlastnosti:

- spolehlivost a robustnost,
- nízké náklady na obnovu a modernizaci,
- flexibilita, podpora rychlých změn ve výrobě,
- připojení k síti nebo k rozhraní inteligentních zařízení (senzory, akční členy, moduly distribuovaného sběru dat atd.),
- podpora dostupných vývojových nástrojů (vývojového SW),
- podpora diagnostiky, minimální údržba.

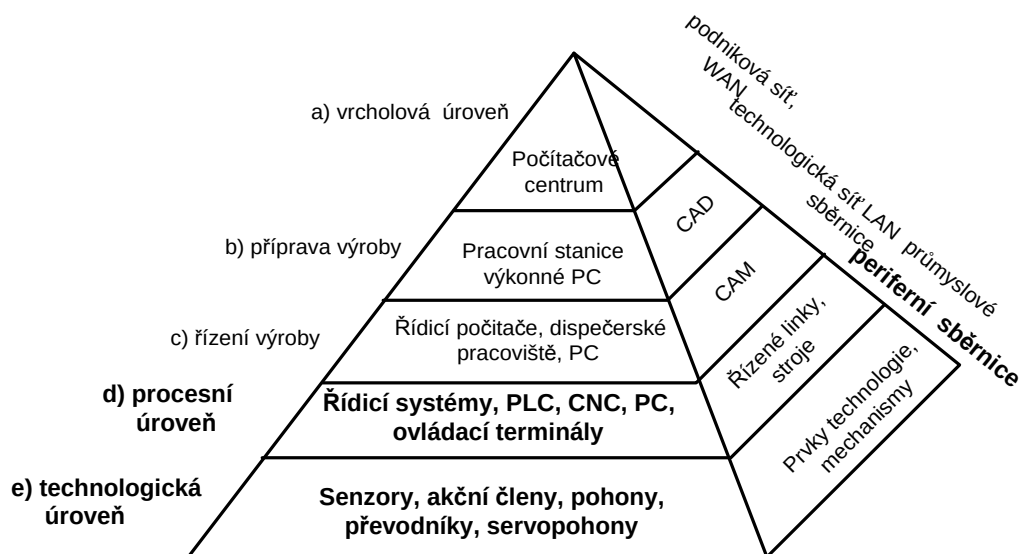
Ukazuje se, že uvedeným požadavkům lze efektivně vyhovět pomocí řídicího systému na bázi počítače standardu PC kompatibilním, než prostřednictvím tradičních řídicích systémů na bázi PLC.

Využití PC pro oblast průmyslového řízení však vyžaduje několik podmínek. Hardware počítače musí odpovídat ztíženým provozním podmínkám a zaručovat dostatečnou bezpečnost.

Náhrada konvenčních PLC řízením pomocí PC je v anglické terminologii označována jako Soft Logic Control nebo Soft PLC. Toto řešení přináší oproti tradiční technologii řadu výhod:

- běh řídicího programu i vizualizace na jednom počítači přináší výhody integrace aplikace a nemalé úspory za hardwarové prostředky,
- modulárnost PC umožňuje volit hardwarové komponenty podle požadavků na aplikaci, jako jsou cena, výkon, spolehlivost, pohotovost, životnost, ztížené provozní a klimatické podmínky apod.,
- snadné a levné propojení PC výkonnou sítí,
- velký a levný výpočetní výkon oproti PLC pro řízení procesů a dynamických systémů a snadná realizace složitých algoritmů a výpočtů v plovoucí řádové čárce,
- široká a dostupná nabídka komponent řídicího systému, včetně jeho bezproblémové skladby z komponent od více výrobců.

Nasazování každé řídicí techniky, tedy i techniky na bázi PC, klade ale též odpovídající požadavky na odborné znalosti. Projektant rozhodující o typu řídicího systému a programátor musí být odpovídajícím způsobem obeznámen jak s hardwarovou, tak i softwarovou skladbou PC respektive průmyslového PC, včetně jejich zvláštností, kladů a o možnostech řešení některých nevýhodných vlastností.



Obr. 1.1 Pyramida hierarchie řídicích systémů.

Cílem tohoto výukového materiálu je zejména:

- Uvést ty subsystémy architektury průmyslových PC, které jsou významné pro nasazení v procesní úrovni řízení.
- Shrnout poznatky potřebné pro nasazení a návrh řídicích systémů založených na průmyslových PC a určených především pro procesní úroveň řízení.
- Uvést základní technické prostředky pro binární a analogové rozhraní mezi počítačem a okolím (technologickou úrovní).
- Na konkrétních příkladech prezentovat technické řešení vazby řídicího systému spodní – procesní úrovně na binární a analogové vstupy a výstupy v technologické úrovni.

2 TYPY PRŮMYSLOVÝCH PC

V oblasti hardware automatizačních prostředků pro řízení, sběr dat a vizualizaci, jsme svědky tvrdé soutěže. Důvodem jsou stále náročnější požadavky trhu odrážející skutečnost, že řídicí technika se používá na jedné straně v čím dál tím složitějších a rozsáhlejších systémech, a na straně druhé proniká do oblastí doposud netypických. Souběžně probíhá i změna nasazování jedné skupin těchto automatizačních prostředků na úkor druhé. V současné době spolu soutěží především tyto skupiny automatizační techniky [35]:

- Technika založená na průmyslových PC (*Industrial Personal Computer* – dále také IPC).
- Programovatelné automaty (*Programmable Logic Controller* – dále jen PLC).
- Jiné typy mini a mikropočítačů.

Technika založená na využití IPC se v průmyslové praxi využívá stále častěji – včetně nasazování v oblastech doposud typických pro PLC¹. Dostatečně vysoká výkonnost procesorů a cenová dostupnost ji otevírá nové a širší možnosti uplatnění. V současné době IPC představují otevřený mezinárodní standard.

Nasazování počítačů na bázi PC do průmyslových provozů si vyžádalo používání speciálních komponent, které zajistí stabilitu systému i při extrémních pracovních podmínkách. Tyto pracovní podmínky jsou zejména:

- vibrace 0 až 500Hz při 1g, rázy do 10g,
- pracovní teplotní rozsah (minimálně) 0 až 50 °C; typicky 0 až 60 °C, případně -40 až 85 °C,
- relativní vlhkost 10 až 90 % (bez kondenzace),
- elektrické krytí až IP 65/68 pro mokré a prašné prostředí,
- periferie přizpůsobené průmyslovým podmínkám.

Konstrukce takového PC vhodného do průmyslového prostředí se od klasického stolního kancelářského PC odlišuje skříní, která má robustní plechovou konstrukci. V případě, že ztrátový (tepelný) výkon počítače vyžaduje nucené chlazení, bývá skříň vybavena sacím ventilátorem s vyměnitelným prachovým filtrem. Nucená cirkulace vzduchu je na druhé straně zajištěna výtlačným ventilátorem zabudovaným zpravidla do napájecího zdroje počítače. Na víceslotovou pasivní sběrnici se pomocí antivibračních lišt pevně fixují zásuvné karty PCI, ISA (z důvodů zachování kompatibility se starými kartami), různé typy PCI expres karet a karet se speciálními konektory. Toto uspořádání umožňuje snadnou výměnu,

¹ Závěry studií amerických firem OPTO22, Grayhill a Rockwell Automation uvedené na konferenci o trendech v oblasti průmyslových řídicích systémů konané v roce 1997 ve Westminsteru (Colorado, USA) uvádějí, že počínaje rokem 1998 se na americkém trhu předpokládá výrazný pokles poptávky po PLC a naopak výrazný vzestup zájmu o zařízení založená na IPC [29].

operativnější rozšiřování a lepší mechanické vlastnosti celého systému. Mechanické konstrukce použitých šasi umožňuje montáž počítačů do vlastních 19'' rámců. K dispozici jsou také atypická šasi ve spojení s integrovanými CPU kartami².

Další vlastností je slučitelnost se všemi (většinou) standardy komunikačních sítí, provoz v reálném čase, možnost využití všech unifikovaných vstupních signálů od snímačů i výstupních signálů k ovládacím jednotkám atd. Neocenitelnou výhodou techniky založené na IPC je programová kompatibilita zajišťující přístup k nepřehlednému množství standardních programů pro následné vyhodnocování dat a informací z automatizovaného procesu a také dostupnost vývojových prostředí pro tvorbu vlastních aplikačních programů, a to jak překladačů pro všechny programovací jazyky, tak prostředí pro editaci, ladění a simulaci. Bez nadsázky lze říci, že technika IPC zpřístupňuje průmyslové automatizaci snad největší softwarovou základnu na světě.

Podle vybavení, rozměrů, robustnosti, výkonnosti a určení, je možné IPC rozdělit do několika skupin.



Čas ke studiu: 3 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  popsat typy řídicích systémů postavených na průmyslovém PC (IPC),
-  se orientovat v nabídce technických prostředků IPC,
-  definovat některé požadavky na výběr vhodného typu z pohledu aplikace,
-  se orientovat v základní terminologii.

2.1 Průmyslová pracovní stanice



Výklad

Průmyslová pracovní stanice (workstation), je průmyslové PC nasazené v průmyslovém prostředí s možností zabudování do rozvaděče. Toto PC je větší a robustnější konstrukce než panelové PC, je standardně osazeno pasivní sběrnici PCI (popřípadě též ISA) a samostatnou procesorovou kartou (kartami – viz dále v textu). Výběrem vhodné pasivní

² Pokud nebude uvedeno jinak, PC kartou se rozumí zásuvná deska do PC. Nezaměňovat s PCMCIA kartou.

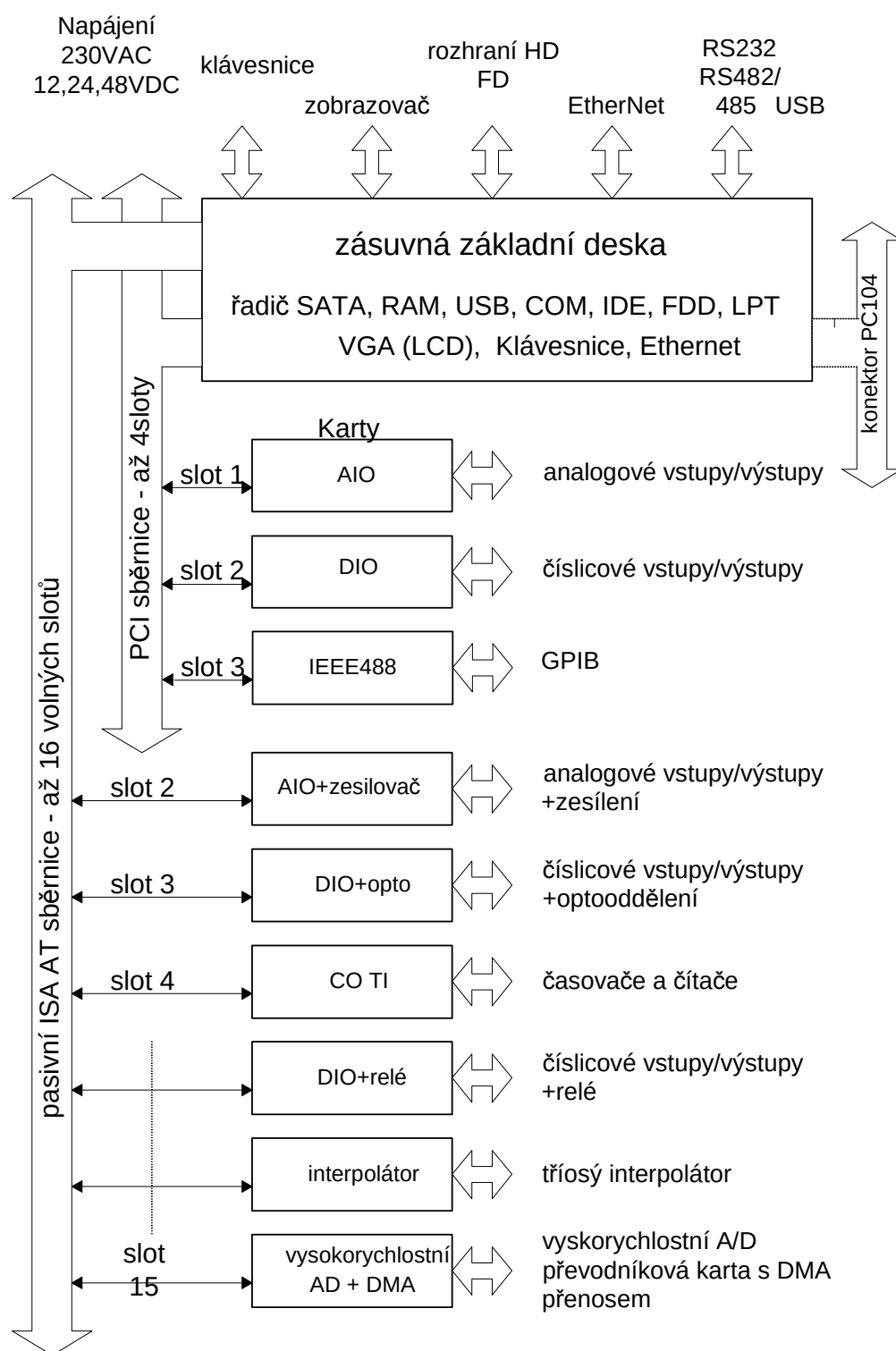
sběrnice lze získat až 20 volných PCI a ISA slotů. Součástí kovové skříně průmyslové pracovní stanice je také zabudovaný monitor. Vnitřní prostor průmyslové pracovní stanice je chlazen i více ventilátory s výměnnými prachovými filtry.



Obr. 2.1 Vzhled IPC v provedení pracovní stanice- typ WS-875GSATX/832AP/T-R výrobce iEi (www.ieiworld.com).

Karty umístěné v pasivní sběrnici jsou navíc fixovány pomocí tzv. antivibračních lišt. Samozřejmostí je antivibrační uložení pevného disku. Díky možnosti použití víceslotové oddělené pasivní sběrnice lze umístit do jedné skříně průmyslové pracovní stanice i více samostatných procesorových karet (až čtyři) a realizovat tak více nezávislých PC v jedné skříně, popřípadě tak realizovat redundanci řídicího systému. Blokové schéma možné struktury slotového IPC je zachyceno na Obr. 2.2.

K typickým nasazením patří realizace spodních, středních i horních úrovní řízení včetně vizualizace.



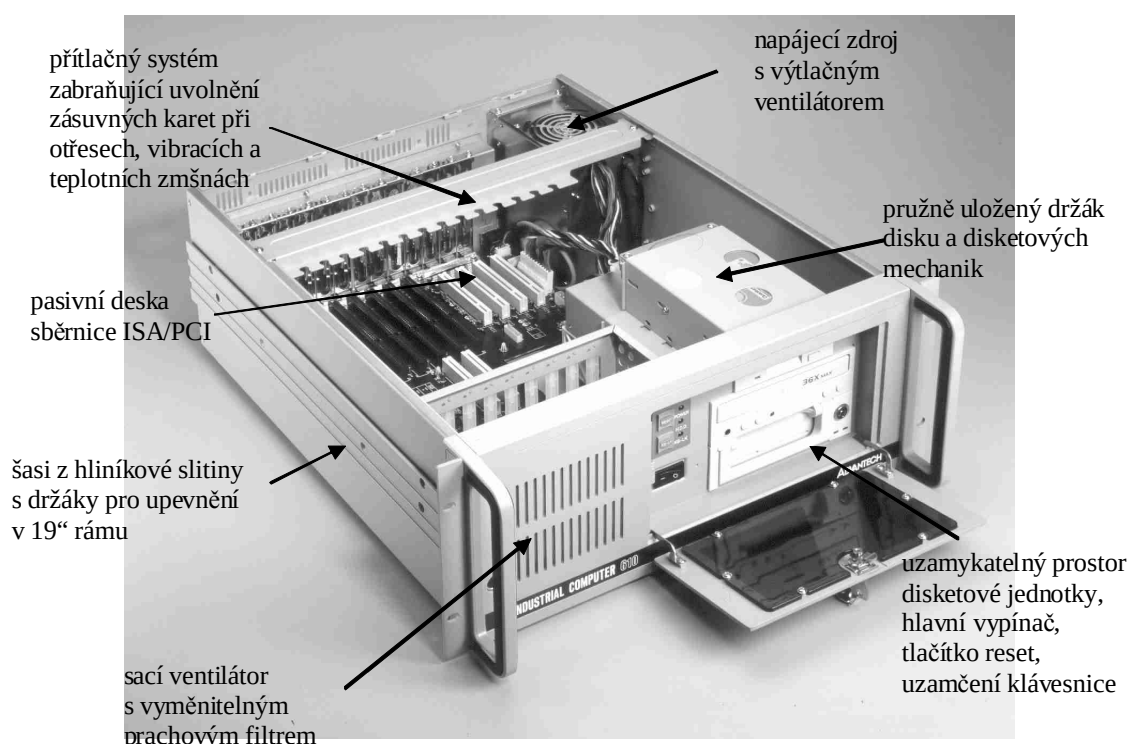
Obr. 2.2 Blokové schéma struktury slotového IPC (příklad).

2.2 Průmyslové PC šasi



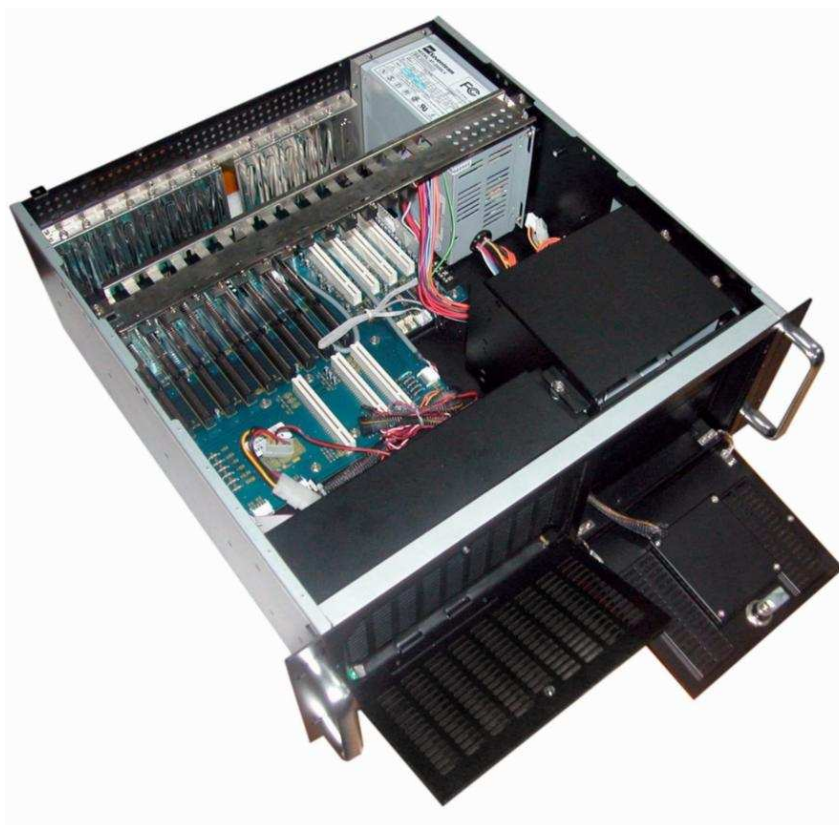
Výklad

V případě průmyslového PC šasi (industrial chassis) se jedná v podstatě o průmyslovou pracovní stanici bez zabudovaného monitoru ve tvaru desktop skříně. Na obrázku je vidět v zadní části odkryté skříně pasivní sběrnici s volnými sloty ISA a PCI (není zde osazena žádná karta – tedy ani procesorová, počítač je v tomto stavu samozřejmě nefunkční). Rovněž je vidět přítlačná lišta karet nad těmito sloty. V levé části čelního panelu je tlačný ventilátor s výměnným prachovým filtrem, vpravo pak antivibračně uložená jednotka pevného disku.



Obr. 2.3 Vzhled IPC v provedení průmyslové šasi.

Na obrázku stojí za povšimnutí ještě přední dvířka. Ta jsou uzamykatelná a jejich otevření/zavření je možné monitorovat stavem příslušného kontaktu. Pod těmito dvířky jsou zakryty - výměnný disk, CD (DVD) ROM a FD, dále také síťový spínač a tlačítka Reset. Tato skříň tedy může být osazena i pasivní sběrníci rozdělenou na více separátních částí, kde každá tato část je osazena vlastní procesorovou kartou (je možno připojit na samostatná tlačítka reset) a příslušnými kartami.



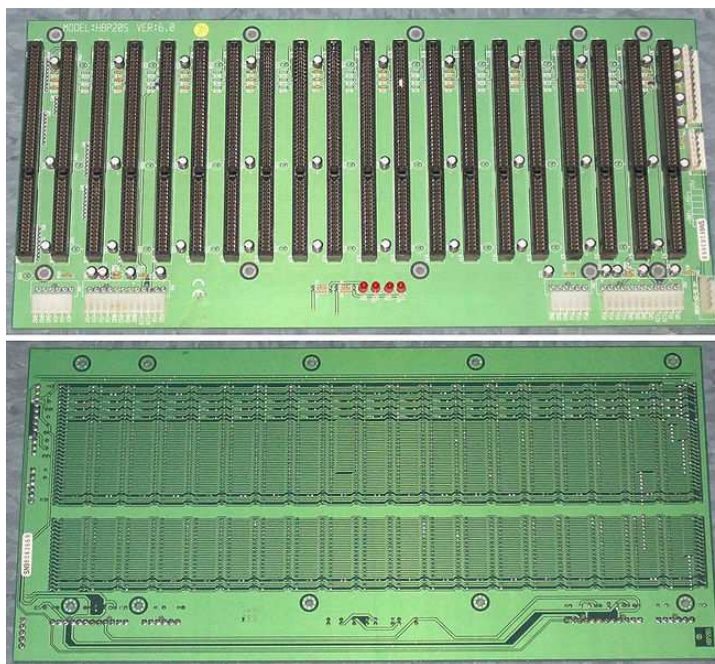
Obr. 2.4 Jiný pohled na IPC v provedení průmyslové šasi.



Obr. 2.5 Průmyslové šasi s osazenou dvou-systémovou pasivní sběrnici.

Výše uvedený obrázek představuje zadní pohled na IPC v provedení průmyslového šasi (industrial chassis), s dvousystémovou pasivní sběrnici osazenou procesorovými kartami. Spodní část skříně obsahuje – pro zvýšení spolehlivosti - dvojici redundantních výměnných napájecích zdrojů.

Jak již bylo v textu zmíněno, IPC na bázi průmyslového šasi, nebo průmyslové stanice nepoužívají systém základní desky (motherboardu), tak jak je běžné u stolních (tzv. kancelářských) PC, ale systém tzv. pasivní základní desky (passive backplane). Tato deska je v podstatě tvořena pouze plošným spojem osazeným sloty pro zasunutí karet, z nichž jedna musí být procesorová deska (karta).



Obr. 2.6 Klasická pasivní základní deska s dvaceti ISA sloty.

S nástupem nových sběrnic – PCI (PCI-X, PCI-e atd.) vzrostly nároky na přenos datových signálů po takovéto sběrnici, což vedlo k tomu, že pasivní základní deska začala být osazována obvody podporující přenos dat (zpravidla různé buffery) a nazývá se aktivní základní deska. Poznamenejme, že přesně definované rozlišení mezi těmito typy neexistuje a název „pasivní sběrnice“ je stále akceptován a chápán tak, že je potřeba mít procesorovou desku – „single board computer“ – SBC, případně též „system host board“ – SHB. Provedení těchto desek, respektive karet, je vždy určeno pro zasunutí do příslušného slotu na pasivní základní desce. Označení SBC se totiž také používá pro jednodeskové IPC ve formě miniaturizované (až extrémně) základní desky. Toto bude podrobně rozebráno v závěru této kapitoly.

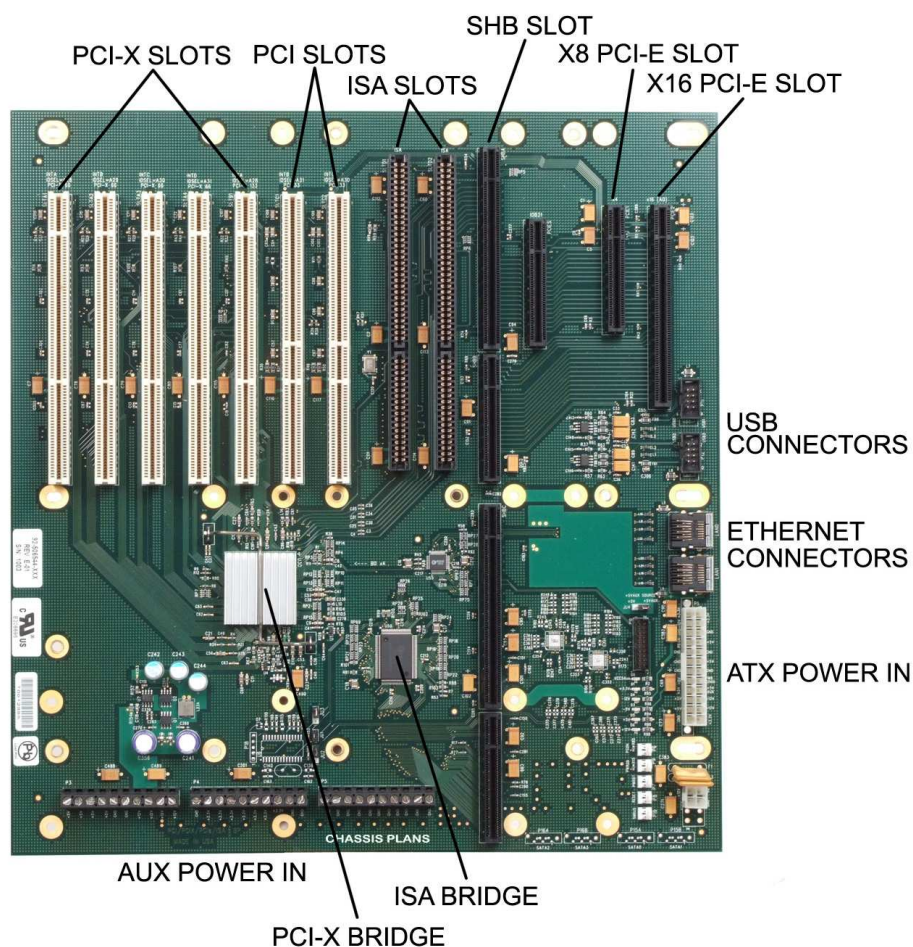
V souvislosti s používáním PCI sběrnice na pasivních základních deskách vzniklo v roce 1994 sdružení výrobců **PCI Industrial Computer Manufacturers Group (PICMG)**, které zahrnuje cca 250 členů. Úkolem je normalizovat použití různých typů PCI sběrnic při jejich používání v IPC.



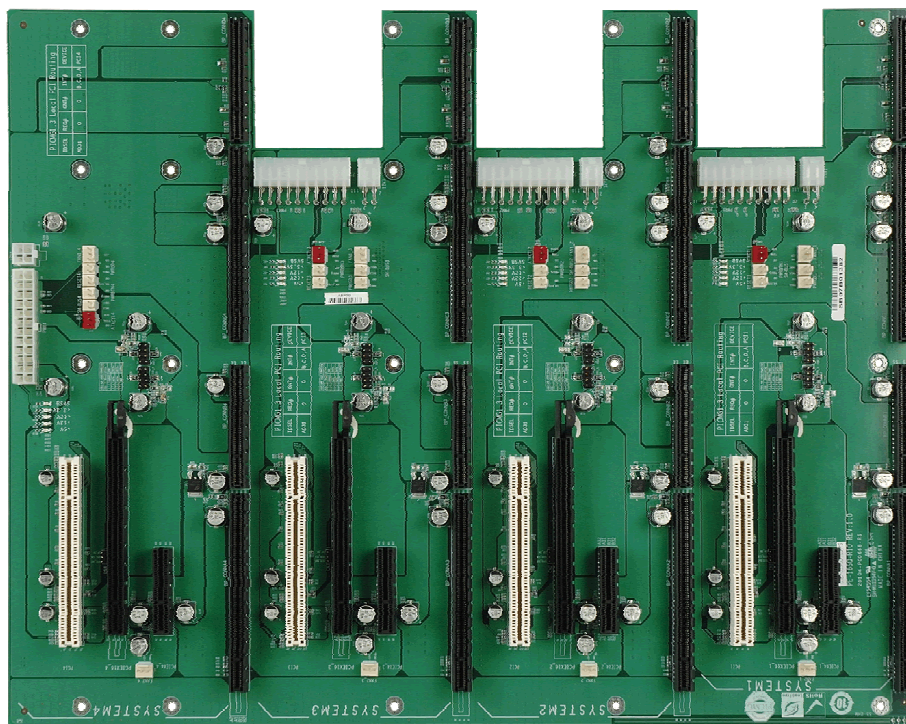
Obr. 2.7 Procesorová deska PCIE-Q57A plné délky určená do PICMG 1.3 slotu.



Obr. 2.8 Základní deska osazená PICMG 1.3 procesorovou deskou (SBC) v SHB PICMG slotu.



Obr. 2.9 Základní deska (zde „aktivní“) PICMG s různými PCI a ISA sloty. Procesorová deska (karta) se zasouvá do SHB slotu).



Obr. 2.10 PICMG 1.3 pasivní základní deska čtyř-systémová PE-16SQ

V souvislosti s typy základních desek zmiňme ještě základní desku, u které jsou datové přenosy mezi jednotlivými sloty provedeny ne klasicky galvanicky, ale opticky. Bližší popis viz [23], kde je též – mimo jiné – uvedena datová propustnost 2.5Gpbs.

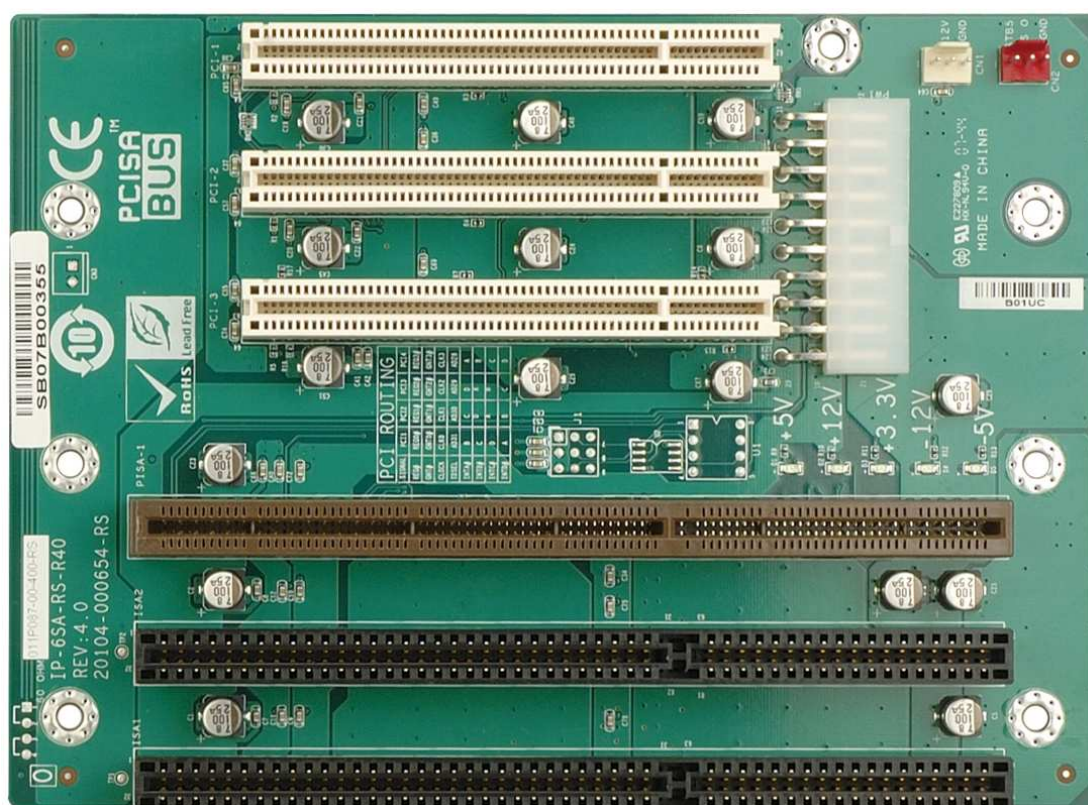
PCISA

Jedná se o speciální sběrnici pro procesorové karty, která obdahuje signály jak PCI, tak i ISA sběrnice současně – viz konektor na obrázku. Na pasivní základní desce bývá jeden slot PCISA, v kterém je osazena PCISA procesorová karta. Ostatní sloty na pasivní desce jsou už klasické ISA a PCI sloty. Výhodou tohoto řešení je, že procesorová karta může být kratší (poloviční délka).



Obr. 2.11 PCISA-C400 (PCI / ISA) „Half Size SBC“. Tato procesorová karta se zasouvá do PCISA slotu na pasivní základní desce. (<http://www.aonecorp.co.kr/products/single/pcisa-c400.htm>).

Pasivní základní deska, vhodná pro výše uvedenou PCISA procesorovou kartu může být typ IP-6SA-RS s jedním PCISA slotem (tmavý uprostřed), třemi PCI a dvěma ISA sloty - Obr. 2.12. Existuje samozřejmě „nepřeberné“ množství dalších kombinací.



Obr. 2.12 Pasivní základní deska PCISA typ IP-6SA-RS.

2.3 Panelové PC



Výklad

Panelové PC (panel PC) je PC s integrovaným monitorem (často v dotykovém provedení) a integrovanou CPU kartou, respektive základní deskou. Standardně nejsou tato panelová PC vybavena volnými sloty pro rozšiřující karty ale mohou být vybavena rozhraním pro moduly PCI a dalšími. Tato kategorie počítačů bývá nazývána též zkratkou PPC, respektive industrial PPC – tedy průmyslový panelový PC.

Skupina počítačů označovaná jako panelové PC je charakteristická svým kompaktním provedením (zejména malou zástavnou hloubkou) a specifickým způsobem ovládání (bez klávesnice a myši, pouze prostřednictvím dotykového displeje). Tyto rysy již napovídají, že panelová PC jsou určena především jako komunikační rozhraní strojů a zařízení.

Nejčastějším nasazením panelového PC můžou být různé informační panely pro vizualizační SCADA/HMI aplikace v různých technologiích. Typické použití těchto PC je v automatizovaných nebo poloautomatizovaných systémech řízení výrobních a technologických procesů ve strojírenském, energetickém, stavebním, automobilovém nebo farmaceutickém průmyslu. Panelové počítače jsou v širokém rozsahu aplikovatelné i

v neprůmyslových oblastech činnosti člověka – terminály na prodejních místech v obchodních systémech, v informačních střediscích, na letištích, nádražích, ve zdravotnictví a podobně.

Jako příklad panelového PC lze uvést PPC-100T [7]. Skříň panelového PC může být též plastová s vnitřním stíněním.

Starší panelová PC měla v některých variantách možnost rozšíření formou další karty typu ISA, nebo PCI. Též existovala možnost většího rozšíření formou tzv. Expanzního boxu, což byla vlastně malá, max. tříslotová pasivní sběrnice pro karty poloviční délky. Současná panelová PC jsou rozšiřitelná zpravidla pouze slotem PCIe mini, v kterém bývá osazena (zpravidla) modul bezdrátové komunikace – WIFI.

Typická rozhraní běžných panelových PC jsou v dnešní době (2010, model AFL-15A-915):

- 1 x External SATA
- 1 x RS-232 COM port
- 1 x RS-232/422/485 COM port
- 2 x RJ-45 for GbE
- 4 x USB 2.0
- 1 x VGA port
- 1 x Audio Interface

V případě nutnosti rozšiřitelnosti PPC o kartu, jsou k dispozici sestavy vybavené procesorovou deskou s vyvedeným volným slotem – v současnosti typicky PCI. Příkladem takového řešení je PPC WIDS-517A/9455 výrobce iEi – viz Obr. 2.13.

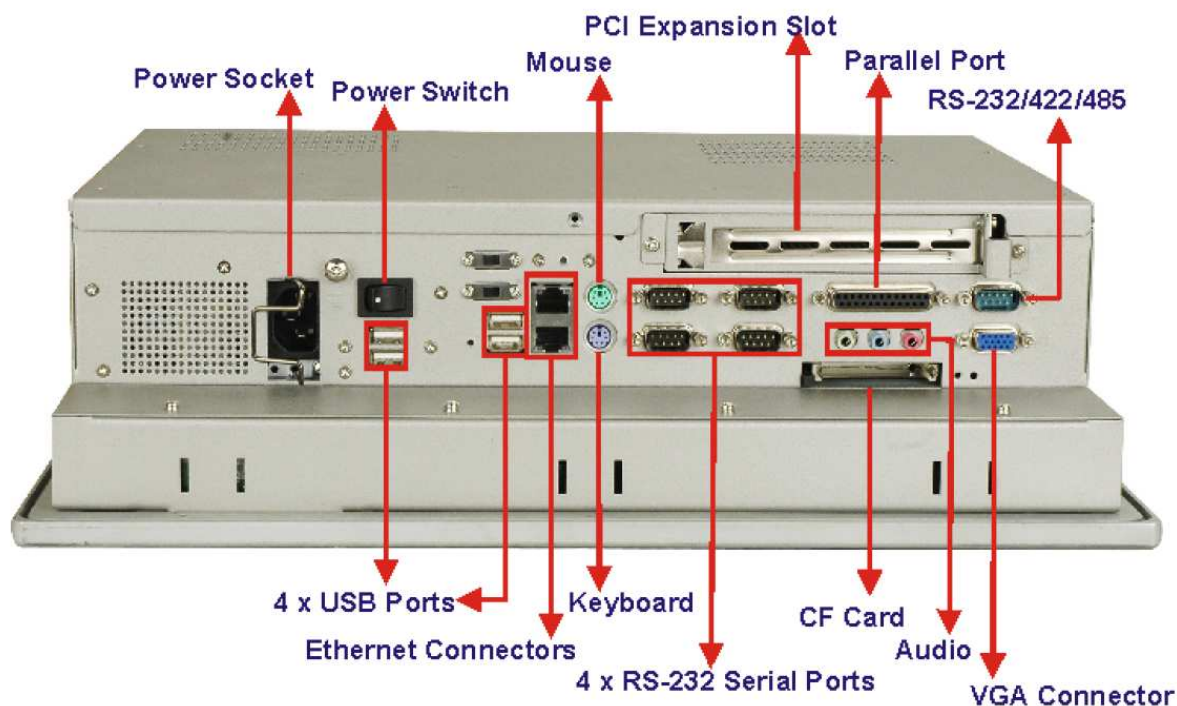


Obr. 2.13 Panelové PC WIDS-517A/9455 – PPC.

Následující obrázek Obr. 2.14 ukazuje, jakým způsobem výrobce řeší vyvedení, respektive zpřístupnění PCI slotu.



Obr. 2.14 Způsob vyvedení PCI slotu u PPC WIDS-517A/9455 pomocí redukce.



Obr. 2.15 Rozmístění rozhraní a konektorů PPC WIDS-517A/9455.

(http://www.ieiworld.com/files/file_pool/08345419424182903959/file/WIDS-515A_517A-9455_UMN_v1.01.pdf)

Tento PPC má tyto základní parametry a je vybaven následujícími rozhraními:

procesorová deska: POS-9455, přední panel krytí IP 65, procesor PentiumR Dual-Core 1.8 GHz, RAM, 2 x 2 GB (max.), 1x CF slot, 1x2,5" SATA/IDE HDD úchyt, audio rozhraní, ethernet: 2 x PCIe GbE řadič, 4 x RS-232, 1 x RS-232/422/485, 6 x USB, 1 x VGA, 3 x Audio, 2 x PS/2, 1x LPT, 2x LAN,

rozšíření: 1 x PCI, 1 x Mini-PCIe (pro Wifi modul), 1 x PCIe x4, rozměry: 452 mm x 376 mm x 123 mm, provozní teplota: 0-50°C,.

2.4 PC104



Výklad

Nebývalý rozvoj nastal také v aplikacích IPC pro řízení strojů a zařízení, kde jsou omezené prostorové možnosti pro instalaci běžných IPC. Z těchto důvodů vzniklo v roce 1987 konstrukční řešení označované jako modulární stavebnice PC104, od roku 1992 normalizované mezinárodní normou IEEE P966.1 *Standard for Compact Embedded-PC Modules*. Název modulů je odvozen od názvu sběrnice – moduly PC104. Číslo „104“ v názvu standardu znamená počet linek ISA slotu, který sběrnice PC104 obsahuje. Jedná se tedy o signály původní (a dnes již sporadicky používané i u IPC) sběrnice ISA. Moduly jsou charakterizovány svými rozměry: 90 x 96 mm. Poznamenejme však, že někteří výrobci – zejména se to týká procesorových modulů – tyto rozměry až tak striktně nedodržují a často je překračují³. To je potřeba mít v patrnosti při výběru modulu(ů).

Nabídka těchto modulů pokrývá prakticky všechny myslitelné oblasti řízení a sběru dat – číslicové a analogové I/O, RAM, ROM, FLASH disky, VGA rozhraní, sériová rozhraní RS232C a RS485, USB, Ethernet rozhraní, desky čítačů a časovačů, dekodéry inkrementálních senzorů a další. Ve světě existuje velké množství výrobců [3], kteří nabízejí desítky různých modulů tohoto standardu.

³ Zejména kvůli vyvedení systémových konektorů/rozhraní.

Rozhraním (sběrnici) PC104 bývají vybaveny též některé průmyslové procesorové karty (určené do zástavby do pasivní základní desky), takže tyto moduly je také možno použít – pokud to je účelné, k zástavbě do běžných IPC s pasivní sběrnici. Tento případ prezentuje procesorová karta PCISA-C400, která ve své spodní části obsahuje PC104 slot – viz Obr. 2.11. Do tohoto slotu by se v případě potřeby zasunul PC104 modul, např. modul s analogovými vstupy. (Samozřejmě by se zde nezasouval procesorový modul.)



Konstrukce desek standardu PC104 nabízí různé způsoby konfigurace a aplikačních možností, z nichž nejvýznamnější jsou:

Obr. 2.16 Procesorový modul stavebnice PC104 CME146786CX650HR (<http://www.rtd.com>).

1. Modulová stavba. Moduly standardu PC104 vybavené tzv. průchozí sběrnici lze sestavovat na sebe do kompaktního celku – snadná rozšiřitelnost.
2. Miniaturní provedení.
3. Vyšší odolnost systémů založených na PC104 než IPC popsanych výše.
4. Rozšíření klasické desky CPU (vybavené konektorem PC104). Deskou tohoto standardu lze rozšířit procesorovou desku při vytváření větších celků pro průmyslové aplikace. Tímto způsobem lze například řešit problém s dodatečným rozšířením již navrženého systému, který již nemá volné jiné sloty.

Jednou z dalších předností této stavebnice je dostupnost modulů pro extrémní pracovní tepelné podmínky. Například řada CMH PC104 modulů amerického výrobce *Real Time Devices* [4], má zaručený pracovní teplotní rozsah od -40 do $+85^{\circ}\text{C}$! Poznamenejme zde, že cenou za tyto parametry (miniaturizace a teplotní rozsah) je cena takového modulu, která je až trojnásobná oproti jinému řešení.

Některé procesorové moduly PC104 jsou dodávány s přeinstalovaným operačním systémem Windows® CE, což může celkový návrh systému dále zjednodušit. Toto řešení redukuje náklady na operační systém a dovoluje používat standardních vývojových nástrojů a

také zrychluje bootování systému. Uložení operačního systému v polovodičové paměti zvyšuje celkovou spolehlivost systému, zejména v průmyslovém prostředí s vibracemi.

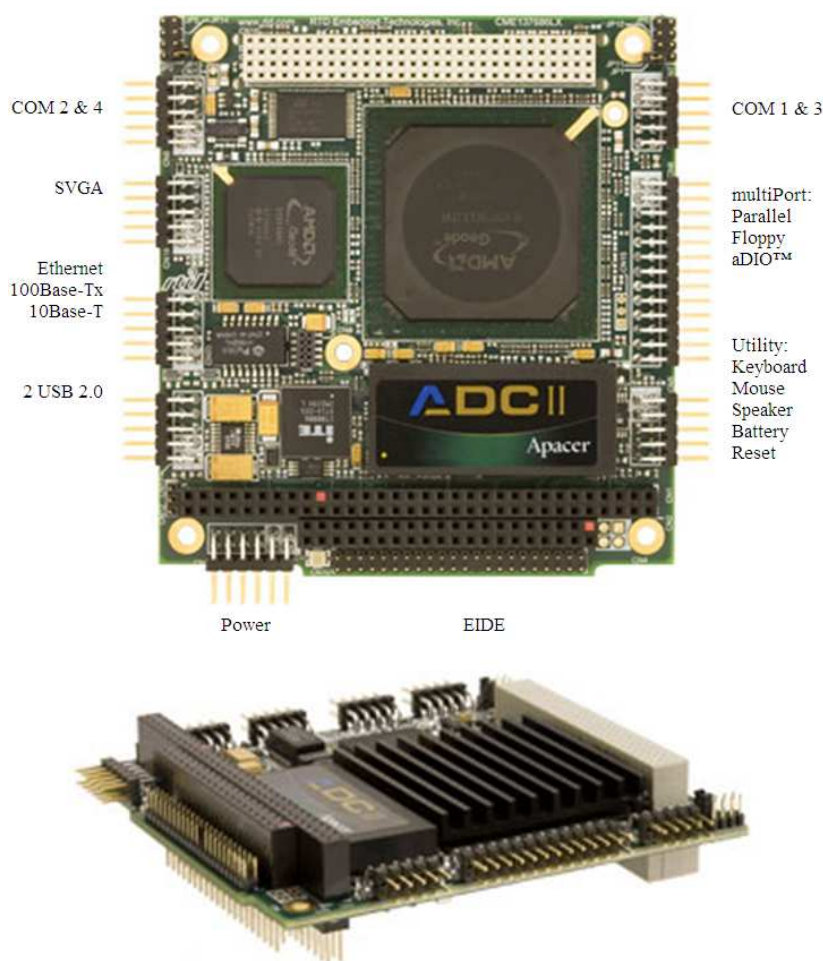
Označení	Výrobce	Typ	Podrobnosti
WAFER-4821	iEi	SBC 3,5"	DX4-100 CPU, LAN, SIMM, Flash, 4× COM
WAFER-4823	iEi	SBC 3,5"	DX4-100 CPU, VGA, LCD, LAN, SIMM, Flash, 2× COM
WAFER-5823	iEi	SBC 3,5"	NS Geode GX1 CPU, VGA, LAN, DOC, 2xCOM
WAFER-6820-CENET	iEi	SBC 3,5"	WAFER-6820 s CPU Transmeta-5800-733 MHz, s Win CE
PM-1045	iEi	SBC PC/104	MMX CPU, 128MB RAM, AGP 4x, LAN, AUDIO, Serial, LPT, USB
PM-1021	iEi	SBC PC/104	386SX, 4 MB RAM, VGA, RS-232, LPT, IDE, FDD, WDT
PCM-3370	Advantech	SBC PC/104+	LV Intel Pentium III CPU modul
PCM-3350	Advantech	modul PC/104	AMD Geode CPU modul, VGA/LCD, Ethernet, SSD
PM-1033	iEi	modul PC/104	Grafická karta HM86508
PM-1058	iEi	modul PC/104+	Dual MPEG-4 Encoder
AX10433	Axiomtek	modul PC/104	Převodník CRT na TV
PM-1055	iEi	modul PC/104+	10/100/1000 Mbps Ethernet
PCM-3601	Advantech	modul PC/104	Faxmodem 56K V.90
PM-1004	iEi	modul PC/104	4× RS-232C/422/485
PCM-3620	Advantech	modul PC/104+	USB 2.0 + FireWire
PM-1002	iEi	modul PC/104+	Dual CAN + 1× Ethernet modul
PM-1038	iEi	modul PC/104	2x PCMCIA slot
PM-1037	iEi	modul PC/104	CompactFlash II converter board
PM-1057	iEi	modul PC/104+	S-ATA + USB 2.0
AX10410A	Axiomtek	modul PC/104	Rychlá DAQ: 16 S.E. nebo 8 dif. vstupů, 12bit, vzorkování 100 kHz
AX10415 (16)	Axiomtek	modul PC/104	2× (4×) Analogový výstup
AX10412	Axiomtek	modul PC/104	16kanálová měřicí karta pro měření teploty (termočlánek)
AX10424	Axiomtek	modul PC/104	24bit DIO + 3 čítač/časovač
AX10450	Axiomtek	modul PC/104	16 kanálů DI (opticky izolované)
PCM-3718HG	Advantech	modul PC/104	12bit multifunkční modul s pamětí pro vlastní aplikaci
PCM-3292	Advantech	modul PC/104	Global Position System modul

Tab. 2.1 Orientační přehled vyráběných modulů PC104.

S nástupem nových a výkonnějších sběrnic – jako PCI a její rozšíření, vyvstal také požadavek na jejich implementaci do systému PC104. V současné době existuje celá řada rozšíření, zmiňme:

PC104-plus⁴, kde se jedná o standardní desku PC104 **doplněnou** o PCI rozhraní (32-bit PCI bus). Implementací tohoto rozhraní došlo významnému nárůstu celkového výkonu, se zachováním zpětné kompatibility s deskami PC104.

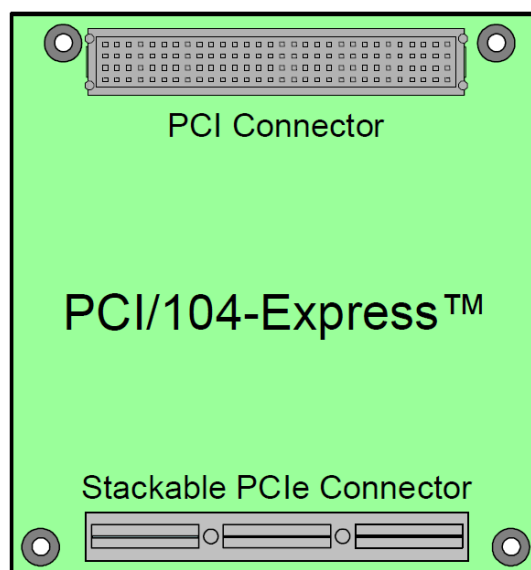
⁴ Také je používáno označení PC104+



Obr. 2.17 Procesorový modul PC104 plus (CME137686LX333HR) – všimněte si bílého, 120pinového PCI konektoru.
(<http://www.rtd.com/PC104/CM/686/137686/CME137686LX-333.htm>)

PCI104 - další řadu tvoří moduly PCI104, což je vlastně modul PC104-plus bez ISA konektoru. Tyto desky tedy nejsou kompatibilní s PC104 moduly.

PCI104-Express – jedná se o poměrně novou řadu modulů - standardizováno v roce 2008. Tato řada vychází z PCI104, doplněné o čtveřici rozhraní x1 PCIe a jedno x16 PCIe. Ty jsou umístěny v prostoru kdysi osazeném PC104 (tedy ISA) konektorem - Obr. 2.18.



Obr. 2.18 Modul PCI104-Express.

2.5 DIMM PC



Výklad

V oblastech požadujících extrémně malé rozměry řídicí jednotky je možné s výhodou použít modulu stavebnice DIMM PC, který je osazen procesorem kompatibilním s x86. Počítačový modul má, jak standard DIMM-PC určuje, rozměry 68 mm x 40 mm a tloušťku 6 mm (včetně součástek). Hmotnost modulu je kolem 20 gramů a zasouvá se do 144 pinového DIMM konektoru.

Moduly jsou napájeny provozním napájecím napětím v rozmezí 4,75 V až 5,25 V.

Zaručovaná provozní teplota je v rozsahu 0 až +65°C.

Možným představitelem této řady je modul AMD® Elan™ SC520. Z hlavních parametrů lze uvést zejména:

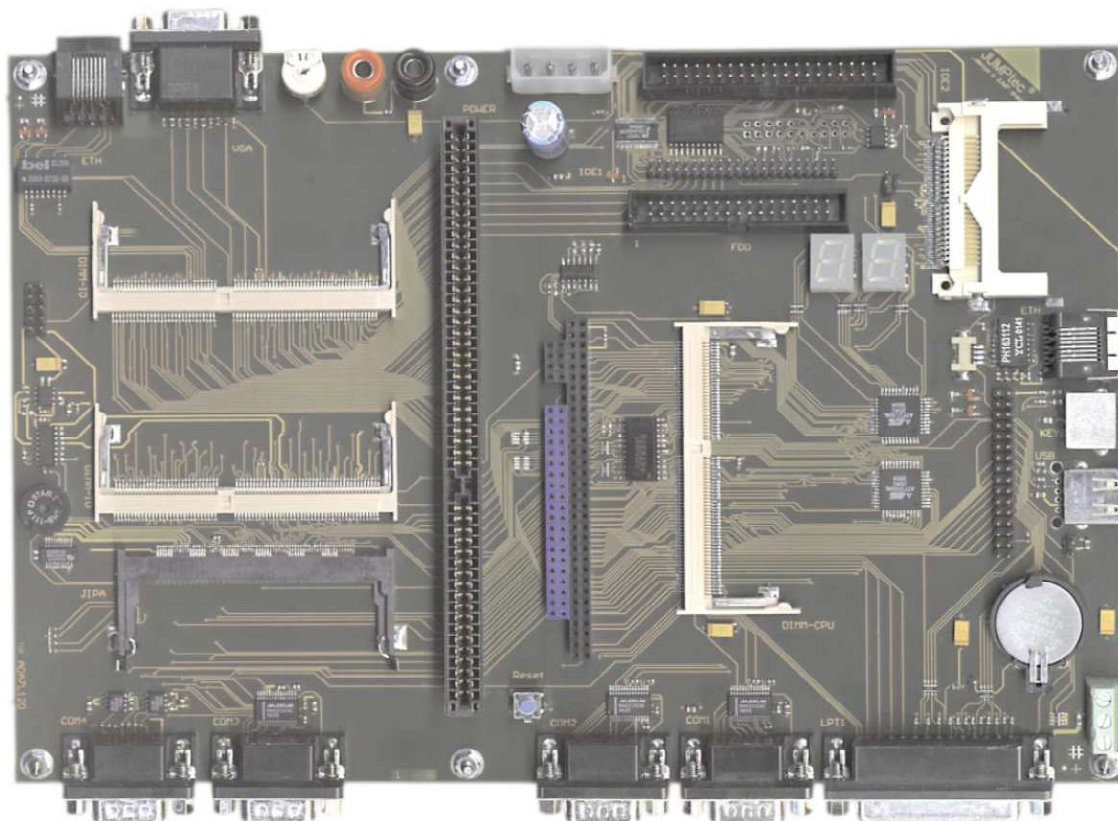
- 16/32 Mbyte DRAM
a 16/32 MB IDE Flashdisk on board
- Dva sériové porty (TTL)
- IDE rozhraní
- Hodiny reálného času
- 5V napájecí napětí
- Rozměry 68 x 40 mm (2.7 x 1.6")
- Předinstalovaná licence DR-DOS®
- I2C-sběrnice (pouze jako slave).



Obr. 2.19 Procesorový modul DIMM-PC zasunutý v DIMM 144 konektoru. Rozměr 68x40mm.

Tato stavebnice obsahuje další podpůrné moduly (v omezeném množství) jako řadiče VGA, Ethernet řadič a jiné. Další informace, popřípadě odkazy, lze čerpat na internetu [101].

Sestava řídicího systému založeném na tomto modulu je zpravidla založena na speciální desce s jedním nebo více DIMM sloty a některých dalších podpůrných obvodů.



Obr. 2.20 DIMM-PC/KIT3 – vývojová deska pro moduly DIMM. Obsahuje 3 x DIMM sloty (viz bílý svislý pro PC modul, dva vodorovné pro I/O moduly), dále 1xPC104, 1xISA slot a další. (<http://www.mite.cz/embeddedmodules-cz/dimmpc-cz.html>)

2.6 PC kontrolér



Výklad

PC kontrolér je charakterizován maximální jednoduchostí a minimálními rozměry ale s důrazem na robustnost. Po hardwarové stránce bývá jádro tvořeno procesorem kompatibilním s Intel 8086, Intel 80186 nebo V20. Neobsahuje žádný rozšiřující slot ani rozhraní pro pevný disk, neobsahuje také řadič pro zobrazovací adaptér. Operační paměť je zpravidla omezena do 1 MB a je tvořena částí ROM (operační systém MSDOS), částí EEPROM (uložení uživatelského programu) a částí RAM. Komunikace s okolím je výhradně pomocí rozhraní RS232 a RS485, popřípadě CAN a Ethernet a jiných. Nahrání uživatelského programu bývá zajištěno pro tento účel vyhrazeným rozhraním RS232C (zpravidla COM1). Možným představitelem je modul PC kontroléru ADAM4500 firmy Advantech. K typickým nasazením patří procesní úroveň řízení schopná autonomního běhu.



Obr. 2.21 Modul PC kontroléru ADAM4500

PC kontrolér lze nasadit všude tam, kde se setkáváme s PLC jednotkami a jeho velkou výhodou je, že se chová jako běžné PC (není nutné speciální – drahé, vývojové prostředí jak je tomu u PLC jednotek). Toto provedení je přizpůsobeno pro montáž na DIN lištu a předpokládá použití dalších I/O modulů.

2.7 Jiná provedení



Výklad

Kromě výše uvedených provedení se vyrábí ještě procesorové desky různými výrobci nazývané jako tzv. Embended PC (vestavné PC), Biscuit PC, POS (**P**oint of **S**ales) a POI (**P**oint of **I**nformation), KIOSK, GAMING, často podle velikosti nazývané: 3,5“ Biscuit, miniATX, microATX, nanoATX, picoATX, EPIC a další – viz např. [5], [6]. V podstatě se jedná o **základní desky** malých rozměrů, někdy se slotem (sloty) ISA/PCI/PCIE, CF, PCMCIA, PC104(plus), PCI104 (podle velikosti desky), s polovodičovým diskem, vybavené ale bohatým – zejména komunikačním - rozhraním.

Tato rozhraní zpravidla jsou:

- sériová (až deset),
- paralelní,
- LAN,

- EIDE, SATA
- VGA, DVI, HDMI,
- USB,
- někdy několik digitálních v/v linek,
- Compact Flash (CF), PCMCIA
- někdy PC104(plus), PCI104, ISA, nebo PCI slot.

Tyto desky se často nazývají SBC – „Single Board Computer“. Zejména desky menšího provedení jsou často napájeny pouze jedním napětím – typicky +5V, což zjednodušuje celkový návrh zařízení.

Mezi typická nasazení patří pokladny, karetní bankovní automaty, informační panely, panelová PC (viz začátek kapitoly), řídicí systémy v automobilech, průmysl, letectví, vojenství apod.

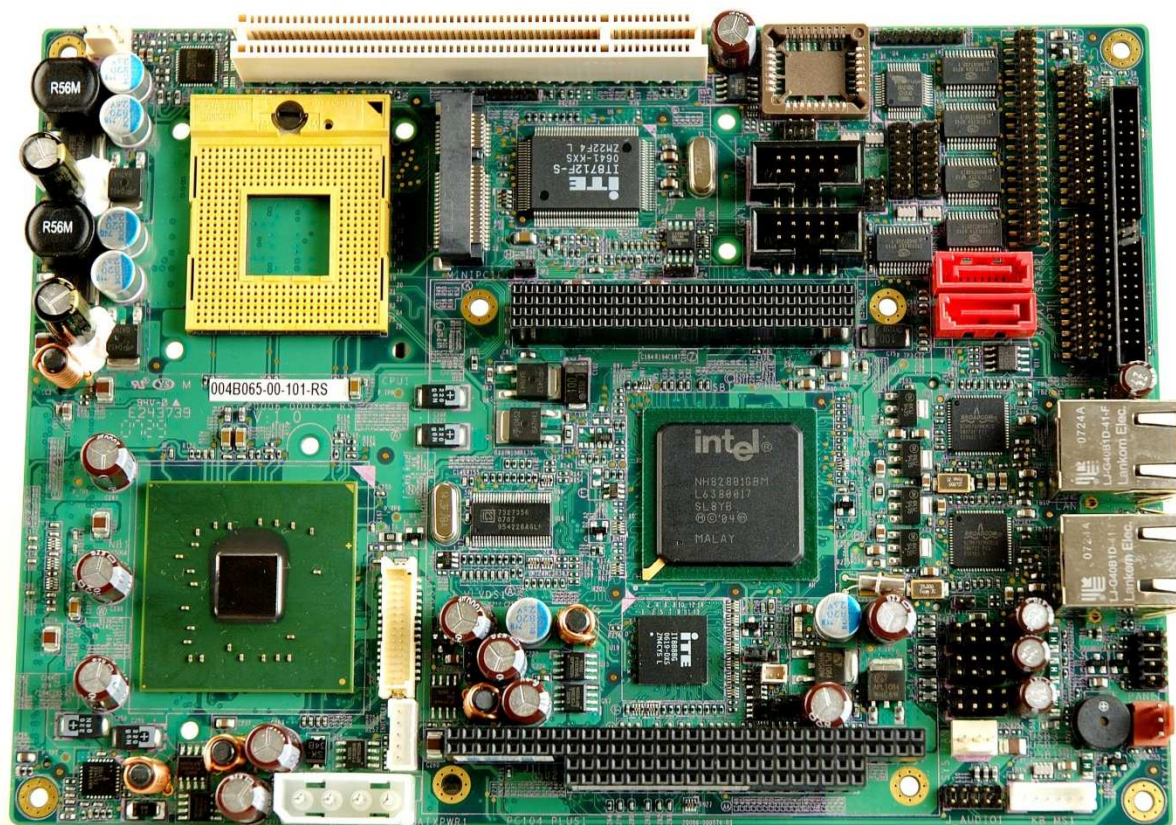
Uveďme ve stručnosti - bez nároku na úplnost – některé představitele této skupiny [5], [6], [7].

2.7.1 5.25" Biscuit SBC

5,25" Biscuit SBC, někdy též nazývané jako 5.25 EBX SBC, jsou jednodeskové počítače s rozměry desek 203mm x 146mm (8" x 5.75"). Pro připojení, resp. vložení do základní desky systému nebo k jiným zařízením slouží rozšiřující konektory. Tyto SBC mohou mít některé součástky, respektive rozšiřující konektory (sloty) umístěné na druhé straně desky.

Deska svými rozměry připomíná klasický „motherboard“ stolního PC. Zde však podobnost končí. Desky obsahují řadu rozhraní, které klasické základní desky samozřejmě neobsahují – např. PC104, CF sloty, obvod Watch Dog atd.

Příkladem takové desky je NOVA-9452 –viz Obr. 2.22



Obr. 2.22 5,25" Biscuit SBC NOVA-9452 osazená mimo jiné také slotem PC104plus a PCI. Sloty CF a SO-DIMM jsou umístěny na spodní straně desky.
(http://www.icpamerica.com/products/single_board_computers/ebx_5_25/nova_9452.html)

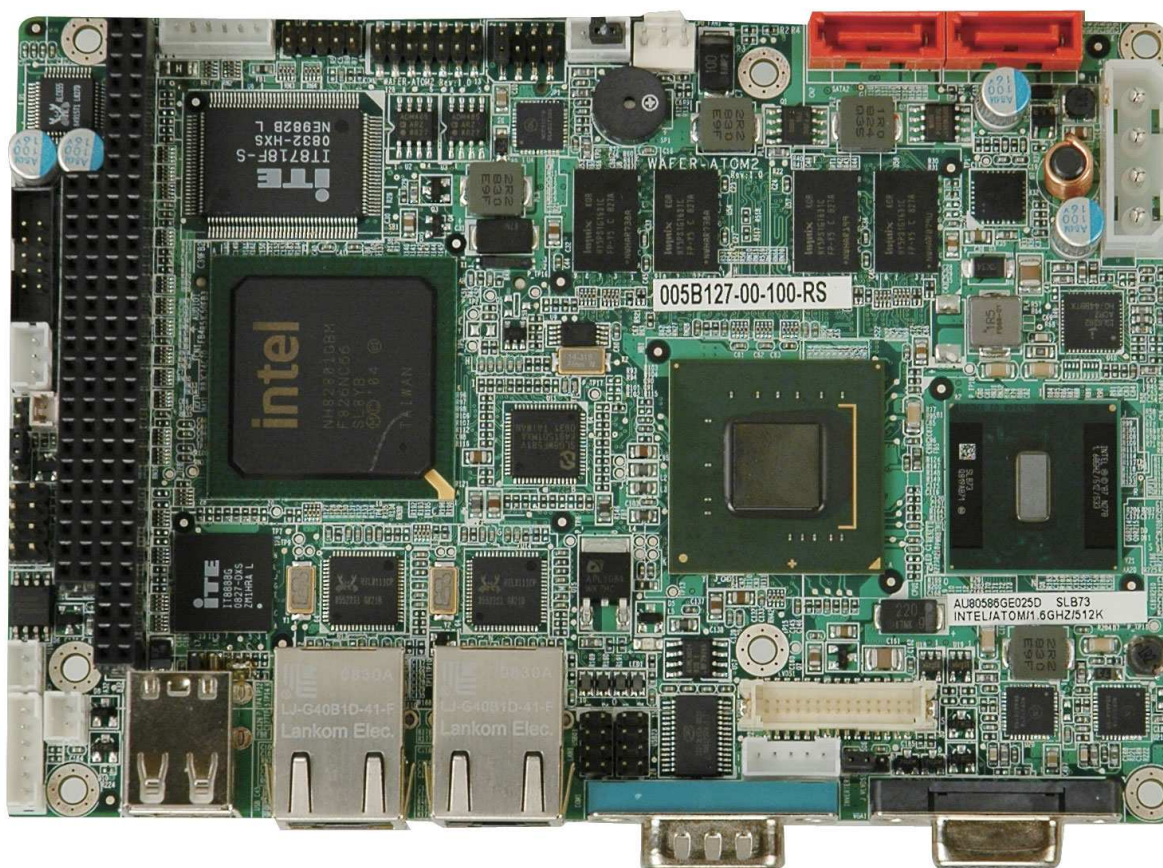
Deska je charakterizována těmito základními parametry:

- Procesor Intel Core™2 Duo
- RAM DDRII až 2GB (1 x SO-DIMM)
- Podpora dvou displejů VGA
- 6 x RS-232, 6 x USB 2.0 a 2 x SATA, 2xLAN
- 24 binárních I/O (12 DI, 12 DO)
- 1 x PCI, 1 x PCIe Mini Card Slot
- 1 x PC104plus (ISA+PCI)
- Rozsah pracovních teplot: 0°C ~ 60°C
- Spotřeba: 5V/3.81A, 12V/2.42A (tedy cca 50W)
- Rozměry 203mm x 146mm

2.7.2 3.5" Biscuit SBC

3.5 Biscuit SBC jsou malé jednodeskové počítače s rozměry desek 145mm x 102mm (5.7" x 4"). Tyto SBC mají obvykle většinu součástek umístěných na svrchní straně desky, přičemž na té spodní straně se často vyskytují další rozšiřující připojovací sloty a konektory, na které už na straně součástek „nezbylo místo“.

Na těchto deskách jsou procesor CPU a ostatní integrované podpůrné obvody, jako je chipset, komunikační most (bridge), BIOS, Watchdog, řadiče sběrnic, pevně instalovány (zapájeny) a je tedy nutné vybírat příslušnou desku podle potřebné konfigurace obvykle uvedené v datasheetu – prakticky se to tedy týká použitého CPU. Někdy může být pro uživatele důležitá možnost dalšího rozšíření desky nebo přímé připojení do složitějšího systému. K tomu slouží rozšiřující porty, obvykle v provedení PC104, CF, PCMCIA nebo PCI vyvedené na konektor či konektory nebo jen na piny na desce. Také se zde mohou vyskytovat i individuální porty, obsahující souhrnně vyvedené I/O i řídicí signály, vyžadující příslušné speciální redukce – nutno při výběru desky a zejména při jejím objednání neopomenout.



Obr. 2.23 3.5" Biscuit SBCWAFAER-945GSE2-N270 osazená také PC104 slotem (v levé části).

(http://www.icpamerica.com/products/single_board_computers/3_5_biscuit/wafer_945gse2_n270.html)

Příkladem takovéto desky je Biscuit SBCWAFAER-945GSE2-N270 – viz Obr. 2.23 s parametry:

- Procesor Intel® Atom™ N270 1.6GHz CPU, Ultra Low Voltage, pasivně chlazen,
- 1GB DDR2 533MHz RAM
- Podpora dvou displejů, VGA+LVDS
- 1xRS-232, 1x RS-232/422/485, 6xUSB 2.0, 2xLAN

- Watch Dog obvod (systémový reset)
- Rozhraní CF card type I / II (umístěno na druhé straně desky) a 2xSATA
- Slot PC/104
- Rozměry 146mm x 102mm
- Rozsah pracovních teplot: -20°C ~ 70°C
- Spotřeba: 5V/3,1 A (tedy cca 15W)

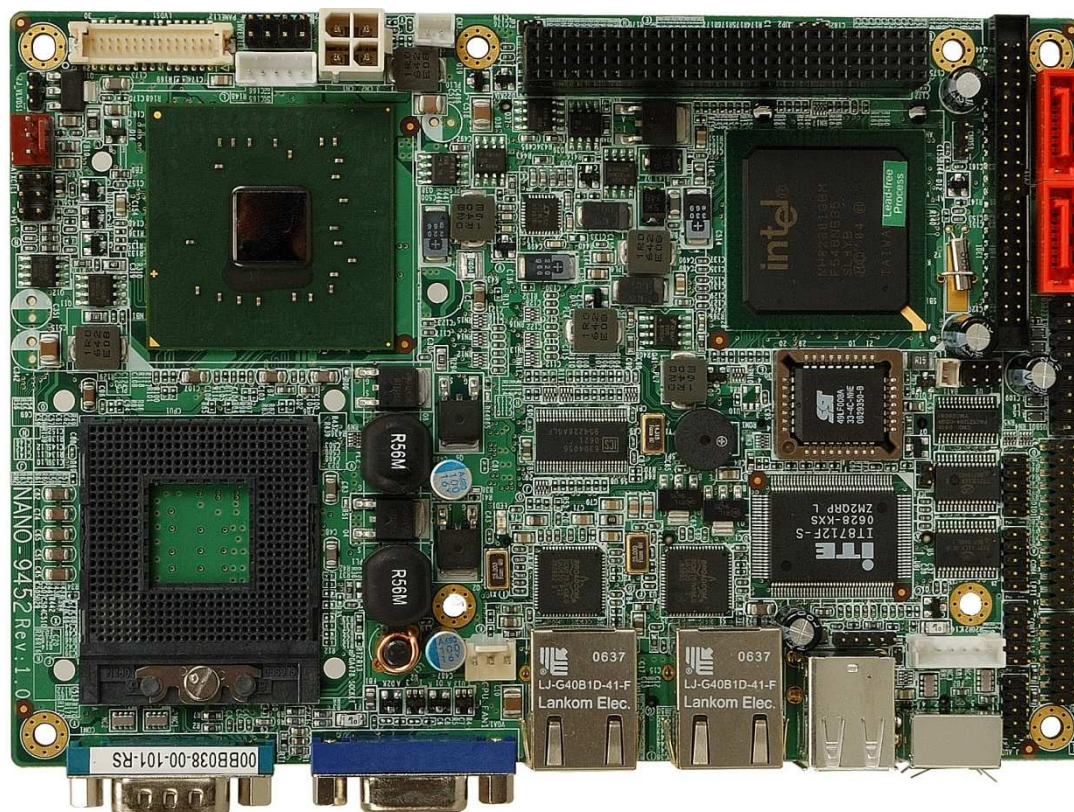
Uvedenou desku SBC je tedy možno rozšířit přes bohatou výbavu komunikačních rozhraní a deskou PC104.

2.7.3 EPIC SBC

Platforma EPIC patří mezi modernější typy desek. Spojuje v sobě modularitu platformy karet PC104 a univerzálnost systému typickou pro platformu 5,25“ Biscuit – viz výše. Jednodeskové počítače EPIC se obvykle vyznačují nízkopříkonovým a však výkonným procesorem a všemi dnes obvyklými periferiemi pro vzájemnou komunikaci, tak jak tomu je u dříve popsanych platforem. Odolnost zase dokládá schopnost pracovat v rozsahu teplot 0 až 60°C (někdy dokonce -40°C až 85°C).

EPIC má definované kompaktní rozměry 115 mm x 165 mm, které jsou mezi velikostmi standardů PC/104 a EBX. Pro zpětnou kompatibilitu i možnost dalšího rozšíření, EPIC podporuje jak celosvětově velmi rozšířenou platformu PC/104 a PC/104-Plus (PCI), tak i nové vysokorychlostní propojovací standardy typu PCI Express nebo ExpressCard.

Jako CPU se dnes využívají nízkopříkonové verze Intel Pentium (Pentium M, Celeron M, ULV Celeron-M 600 MHz Zero Cache apod.) nebo nějaká verze AMD Geode. Některé vůbec nepotřebují aktivní/pasivní chlazení (např. ULV Celeron M a AMD Geode LX), čímž se dále snižuje náchylnost systému k poruchám.



Obr. 2.24 Deska NANO-9452 (EPIC SBC) osazená také PCI104 slotem - viz horní část. (http://www.icpamerica.com/products/single_board_computers/EPIC/nano_9452.html)

Z typických vlastností této desky lze zmínit:

- Procesor Intel® Core™ 2 Duo s 667MHz FSB
- Podpora DDR2 400/533MHz SO-DIMM do 2GB
- Dual PCIe GbE by Broadcom BCM5787M
- 8 binárních I/O (4 DI, 4 DO)
- 2xVGA s podporou dvou displejů a HDTV výstupem
- 2 x SATA, 6 x USB 2.0, CF Type II, LPT and 4 x COM
- PCIe Mini a PCI104 sloty
- Rozměry 165mm x 115mm
- Rozsah pracovních teplot: 0°C ~ 60°C
- Spotřeba: +12V/3.01A (Intel Core™ 2 Duo 2. 1GB RAM) - tedy cca 36W

2.7.4 Embedded ATX, LPX a Mini/Micro/Nano/Pico ITX

Jednodeskové počítače typu ATX , LPX a Mini ITX jsou nevyšším typem – i rozměrově - SBC a již se prakticky nejvíce přibližují základním deskám "klasických" PC. Jsou sice již hodně výkonné, ale také již dosti velké (rozměry až okolo 220 mm x 235 mm). Obsahují všechny běžné komponenty a periferie jako PC a využívají i obvykle stejných procesorů. CPU již není přímo integrován (zapájen) na desce, ale již se vkládá do patice, podobně jako u klasických PC. Desky využívají procesory stejně jako klasické základní desky - Intel Pentium a AMD. Pro zvýšení odolnosti v průmyslovém prostředí jsou však často taktovány na nižší pracovní frekvence, aby bylo možné použít i pasivní chladič místo větráku (ten snižuje

spolehlivost celého systému). Díky tomu mohou dlouhodobě a spolehlivě pracovat při teplotním rozsahu 0~60°C. Nároky na napájení jsou samozřejmě vyšší, než u výše uvedených systémů. Obvykle se již požaduje vícenapěťový zdroj, např. +3,3V, +5V a +12V. U některých typů – zejména v závislosti na použitém CPU - může spotřeba být až 50 W.

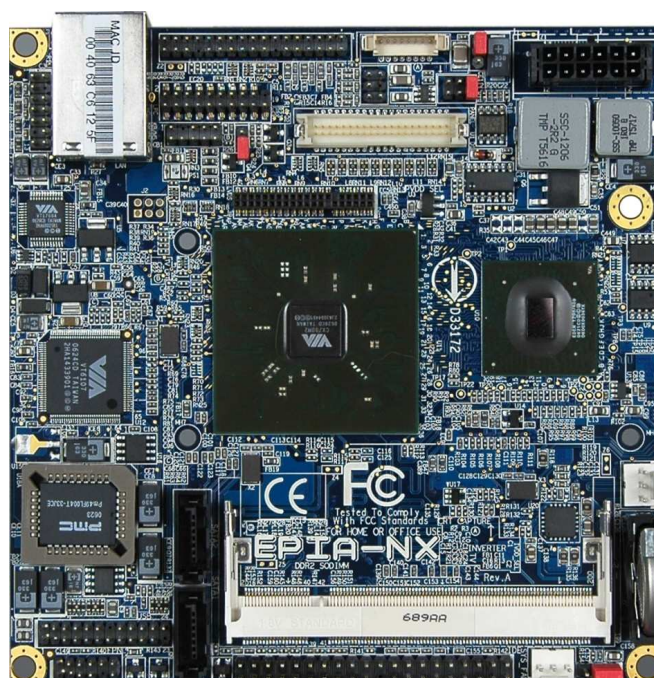
Hlavním rozdílem proti "klasickým" PC motherboardům je množství rozhraní, menší počet volných slotů PCI (typických pro stolní PC) a zabudováním obvodu Watch-Dog. Pouze přehledově uvedme základní typy:



Obr. 2.25 Mini ITX Motherboard typ KINO-945GSE-N270, s rozměry 170mm x 170mm.
(http://www.icpamerica.com/products/single_board_computers/motherboard/mini_itx/KINO_945GSE_N270.html)

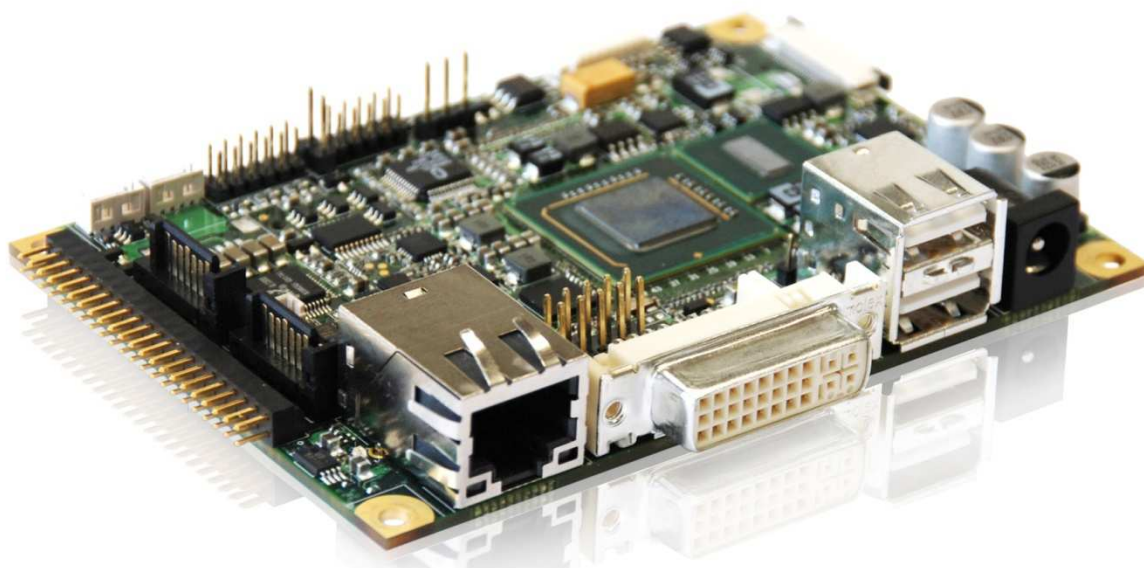


Obr. 2.26 Micro ATX SBC typu IMB-8550 s rozměry 244mm x 244mm.
(http://www.icpamerica.com/products/single_board_computers/motherboard/micro_atx/imb_8550.html)



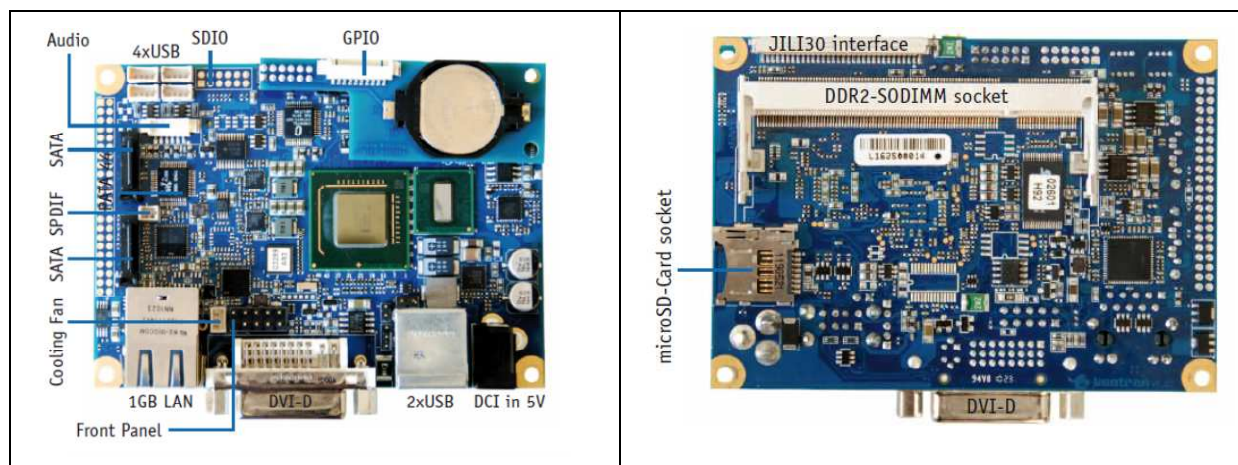
Obr. 2.27 Nano ITX Nano ITX Motherboard, VIA C7 1.2/1.5 GHz procesor, 1GB DDR2-522 SO-DIMM RAM support, TV out, HD audio, LVDS, GigE, dual SATAs rozměry 120mm x 120mm.
(http://www.icpamerica.com/products/single_board_computers/motherboard/small_form_factor/EPIA-NX.html)

Představitelem maximální miniaturizace v řadě SBC desek je v současnosti řada pico ITX s rozměry 100 x 72 mm – tzv. “Small Form Factor”. Též je nazývána jako 2,5“ SBC.



Obr. 2.28 Pico ITX SBC, Kontron pITX-SP rozměry 100mm x 72mm.

(<http://cz.kontron.com/products/boards+and+mezzanines/embedded+sbc/pitx+25+sbc/pitxsp.html>)



Obr. 2.29 Pohled na SBC pITX-SP s popisem.

Ze základních parametrů lze uvést:

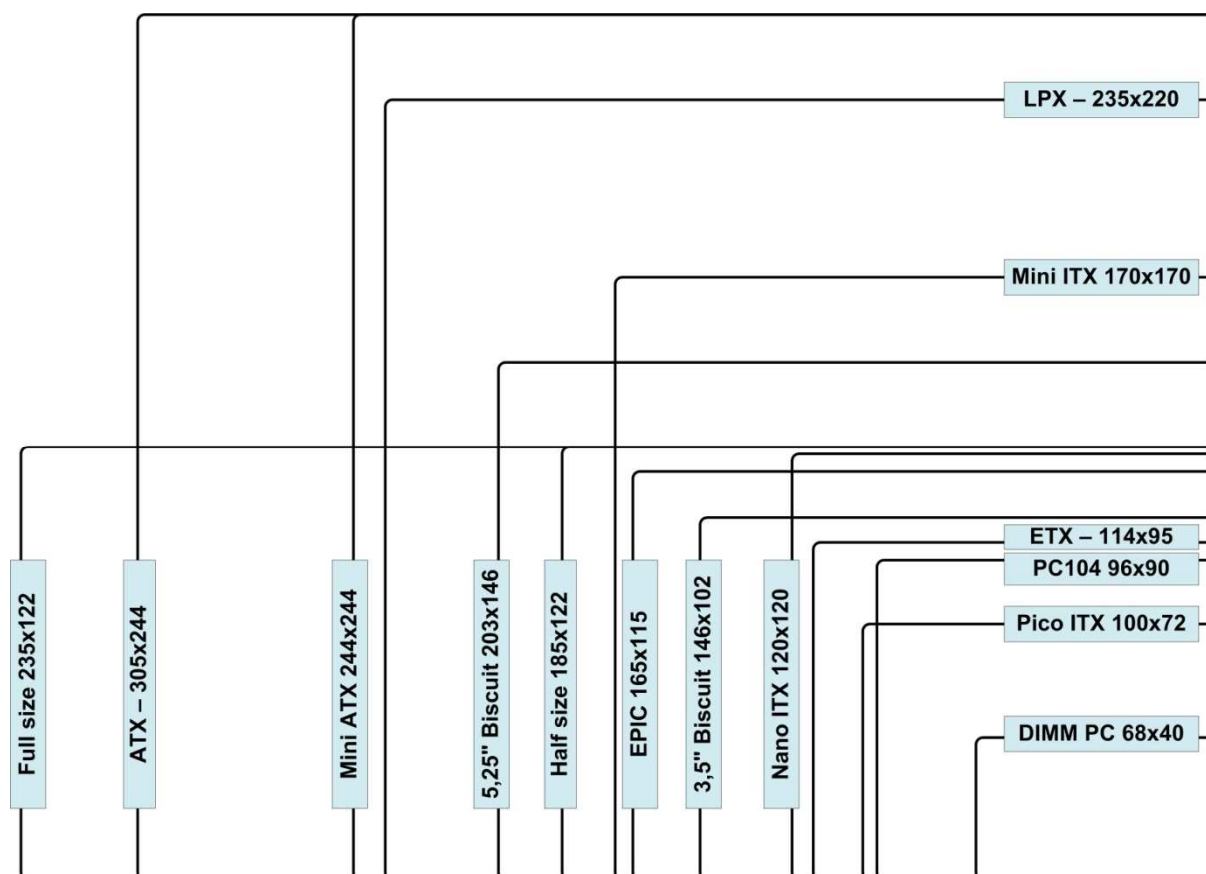
- Procesor Intel® Atom™ Z510 / 530 až 1,6 GHz
- Dual SATA, PATA44 bootable microSD,
- RAM 2GB,
- 6xUSB, 1xmicro SD slot,
- podpora full HD

- Rozměry Pico-ITX™ „Small Form Factor“ 100 x 72 mm
- Rozsah pracovních teplot: 0°C ~ 60°C
- Spotřeba 5V/1A (tedy cca 5W, platí pro procesor 1,1 GHz)



Zajímavost k tématu

Poznamenejme, že uvedená deska má řadu svých rozhraní vyvedenu na systémových konektorech a potřebuje tedy příslušné redukce na standardní rozhraní – např. USB a další. S tím je potřeba při návrhu počítat. V uživatelském manuálu, dostupném na stránkách výrobce, je uvedena také hodnota MTBF = 221379 hodin, platná pro teplotu okolí do 40°C a ve verzi s pasivním chlazením CPU⁵.



Obr. 2.30 Porovnání typických rozměrů nejrozšířenějších modulů, základních CPU desek a karet.

⁵ Aktivní systém chlazení – s větrákem, má uváděnu MTBF cca 50000 hodin a tudíž by celkovou hodnotu tohoto parametru snižoval.

Návrh komponent řídicího systému na bázi průmyslového PC nekončí výběrem vhodného procesorového modulu, desky nebo karty. Neméně důležité je, věnovat pozornost, jak celý systém zabudovat do vhodné skříně. Na skříně jsou kladeny zejména tyto požadavky:

mechanická odolnost,

schopnost odvádět teplo produkované komponenty počítače (zejména procesor, zdroj),

systém uchycení vnitřních komponent,

systém vnějších konektorů a jejich krytování,

schopnost elektromagnetického stínění,

stupeň IP krytí.



Při výběru vhodného řídicího systému na bázi IPC můžeme také využít již nabízenou sestavu včetně skříně. Toto řešení má výhodu v tom, že obdržíme správně vybrané komponenty IPC, jako je napájecí jednotka a vlastní řídicí systém.

Jako příklad „běžného“ řešení může sloužit řada embedded počítačů MiniPC výrobce Micropower (<http://www.micropower.nl>).



Obr. 2.31 Embedded řídicí systém AR-ES5430FL.

(<http://www.micropower.nl/products.php?page=specs&prod=152>)

Základní parametry jsou: procesor Intel Core 2, RAM do 2GB, VGA rozhraní, TV výstup, LAN, 4 x COM, 4xUSB, IDE, 2xSATA, prostor pro zabudování 1 x 2,5" HD, CF slot, Watch-dog, rozměry 165 x 251 x 67mm.

Některé skříně jsou také uzpůsobeny na připevnění na DIN lištu – např. DataLab PC, výrobce Moravské přístroje (<http://www.mii.cz>), nabízející také základní řadu unifikovaných I/O modulů - Obr. 2.32.



Obr. 2.32 Embedded řídicí systém DataLab PC.



Obr. 2.33 Embedded řídicí systém WSTRIDER-200A-R10/4G-XPE určený do extrémních klimatických podmínek (www.ieiworld.com).

Jako příklad řešení embedded systému určeného do prostředí s extrémně vysokými nároky na stupeň krytí – zde IP67, uveďme WSTRIDER-200A výrobce iEi [8]. Jedná se o odolný systém s krytím IP67, který je osazen procesorem: Intel Atom běžícím na 1.1GHz,

paměti 1GB DDR2 a rozhraními: ethernet, VGA, 4 x USB 2.0, 1 x RS-232, 1 x RS-422/485, 1 x CF slot, Windows XP embedded OS, provozní teplota: -30°C ~ 70°C, rozměry: 99mm(W) x 61.7mm(D) x 230 mm (H).



Shrnutí pojmů 2.1.

Řídicí systémy na bázi PC – IPC - jsou konstruovány pro nasazení ve stížených mechanických, klimatických a provozních podmínkách. Zejména to jsou: vibrace, teplota, vlhkost, prašnost a také rozměry. IPC systémy bývají ve formě tzv. průmyslového šasi, pracovní stanice, panelového PC (též PPC) a ve formě zabudovaného/vestavného počítače, tzv. embedded PC (IPC). Pro sestavy na bázi pracovní stanice a průmyslového šasi se používá koncepce tzv. pasivní základní desky, do které se zasouvá procesorová karta (někdy i více – při více-systémové pasivní desce) a případně další I/O karty. Pro vestavné (embedded) systémy se používá koncepce základních desek (aktivních), od rozměru ATX (cca 305x244mm až po Pico ITX (cca 100x72mm). Představitelem nejmenšího řešení je řada DIMM PC s rozměry 69x40mm.



Otázky 2.1.

1. Od čeho je odvozena číslice u modulů PC104?
2. Jak se liší PC104 – PC104plus – PCI104 ?
3. Co znamená aktivní chlazení u procesorových desek/karet/modulů?
4. Jaké jsou výhody koncepce pasivní základní desky?
5. K čemu je určen volný konektor PC104 na některých procesorových kartách a deskách?
6. Jakým způsobem lze vybudovat vícesystémové IPC?
7. Jaký je rozdíl mezi procesorovou deskou a kartou?
8. Jaké bývají maximální teplotní pracovní rozsahy u IPC?
9. Od čeho je odvozen název PCISA a čeho se týká?
10. Co znamená údaj, že procesorová deska/karta disponuje DI, DO?

3 BINÁRNÍ VSTUPY A VÝSTUPY



Čas ke studiu: 5 hodin



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  popsat typy binárních vstupů a výstupů,
-  orientovat se ve výběru vhodných typů karet a modulů,
-  orientovat se v názvosloví,
-  zvolit aktivní úroveň binárního výstupu z pohledu bezpečnosti,
-  navrhnout napojení počítače na různé typy binárních vstupních a výstupních signálů.

Obecně každý řídicí systém je napojen na své okolí prostřednictvím vstupů a výstupů ať už lokálních, či distribuovaných. Pomocí vstupů může získávat informaci o okolí prostřednictvím senzorů a svými výstupy může pak toto řízené okolí (objekt, technologii) prostřednictvím aktorů (akčních členů) ovládat.

Nejčastější rozdělení vstupů a výstupů řídicího systému je podle charakteru elektrického signálu poskytovaného senzorem, respektive akčního signálu požadovaného aktorem. Typicky se jedná o binární – dvouhodnotové (i pulzní) a analogové – spojitě elektrické signály. Realizace těchto V/V obvodů je v zásadě tato:

- zásuvné PC karty (včetně PCMCIA, PC104, DIMM PC atd.),
- externí montážní desky,
- moduly úpravy signálu,
- moduly distribuovaného sběru dat.

3.1 Binární vstupy



Výklad

Binární vstupy řídicího systému slouží ke čtení stavu dvouhodnotových signálů senzorů řízeného objektu, jako jsou spínače/kontakty, senzory polohy, teploty, pomocné kontakty relé, stykačů apod. Tyto signály/stavy nejsou představovány pouze stavem mechanického kontaktu (taktilní): sepnut – rozepnut – např. koncový spínač nějakého lineárního pohonu. Ve většině případů se jedná o dvouhodnotový signál, kdy je senzor chápán jako aktivní – znamená to, že výstupní informací takového senzoru je např. signál 0V a 24V (ve skutečnosti jsou tyto hranice širší). Hned úvodem poznamenejme, že signál binárního

senzoru nemusí být pouze napěťový, ale může být i proudový (dvoustavová proudová smyčka).

Z hlediska nutnosti napájení vstupních obvodů binárních vstupů lze binární senzory rozdělit do dvou základních skupin:

- pasivní binární senzor (bez nutnosti napájení),
- aktivní binární senzor (s napájením).

Úkolem vstupních binárních obvodů je stav těchto senzorů bezpečně rozlišit a také pokud možno zajistit, aby při poruše senzoru, nebo poruše na vedení mezi senzorem a vstupem nedošlo k poškození vstupních obvodů počítače, respektive celého počítače. Případně mít také možnost vyhodnotit, že k nějaké závadě senzoru/vedení došlo.

3.1.1 TTL vstupy

Mezi nejjednodušší binární vstupy patří tzv. vstupy s úrovní TTL. TTL (transistor-transistor-logic; tranzistorově-tranzistorová logika) je standardem (v současné době starým cca 40 let) používaným pro implementaci digitálních (také logických) integrovaných obvodů, vycházejícím z použití technologie bipolárních křemíkových tranzistorů. Obvody technologie TTL používají napájecí napětí 5 V, z čehož vyplývá pro logickou jedničku napětí přibližně 5 V, pro logickou nulu napětí přibližně 0 V.

Z hlediska vstupů TTL je důležité, že napětí 0 V až 0,8 V na vstupu se interpretuje jako logická 0. Napětí 2,0 V až 5,0 V na vstupu se interpretuje jako logická 1. Napětí 0,8 V až 2,0 V leží v tzv. zakázaném pásmu, pro které není funkce obvodu definována. Překročení těchto hodnot – tedy přivedení záporného napětí, nebo většího než +5V není tolerováno a způsobí (může způsobit) zničení vstupního obvodu. Za podmínky, že obvod – v našem případě senzor - současně zaručí na svých výstupech napětí 2,7 V až 5 V pro logickou jedničku (též logickou vysokou úroveň – „log H“) a 0 až 0,3 V pro logickou nulu (též logickou nízkou úroveň – „log L“) lze obvod považovat za kompatibilní s logikou TTL⁶.



Důležitá poznámka

V odstavci výše je uvedeno, že rozsah vstupních napěťových úrovní TTL nesmí ležet mimo povolený rozsah $<0; 1+5V>$. Ve většině případů jsou ale – naštěstí - binární vstupy úrovně TTL karet (modulů) vybaveny omezovacími/ochrannými obvody, takže zejména určité

⁶ V současnosti se napěťová hladina používaná pro implementaci digitální logiky neustále snižuje, používá se logika s napájením 3,3 V, 2,5 V, 1,8 V a 1,2 V. Nejedná se už o TTL logiku. Pozor – některé logické obvody napájené nižším napětím dokážou správně interpretovat i TTL vstupní úrovně. Ty se pak nazývají „TTL tolerant“.

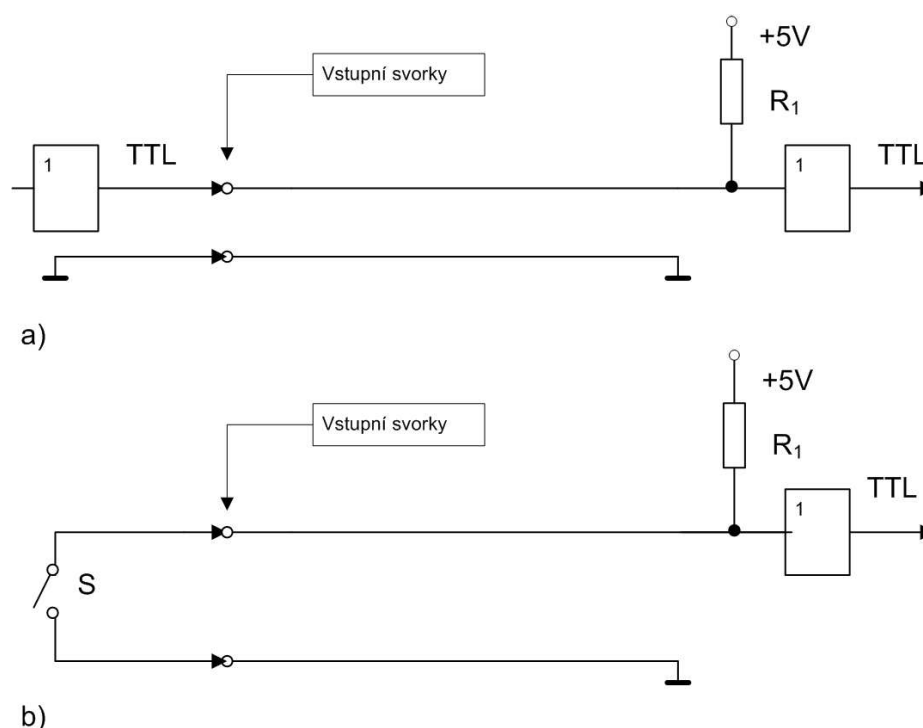
překročení napětí pro log 1 nezpůsobí poškození vstupu. Např. u modulu NuDAM-6050 jsou uvedeny vstupní rozsahy jeho „TTL“ vstupů:

Logická úroveň 0: +1V maximum,
Logická úroveň 1: +3.5V~30V.

Vše je ale potřeba bezpodmínečně si předem ověřit v příslušném manuálu!

(Konec poznámky)

Následující obrázek zachycuje typický binární vstup o úrovni TTL, na který je přiveden binární signál – zde znázorněn formou logického obvodu – opět o úrovni TTL. Za pozornost zde stojí odpor R_1 , který je připojen na +5V (vnitřní napájení) a definuje logickou úroveň log1 pro případ nepřipojeného vstupu (je také součástí ochranného zapojení vstupu pro případ překročení vstupního rozsahu). Jinými slovy – volný binární vstup se chová, jakoby na něm byl přiveden signál log1.



Obr. 3.1 a) Binární vstup TTL, na který je připojen „senzor“ s TTL výstupem,
b) Binární vstup TTL, na který je připojen spínač S – „Wet contact“.

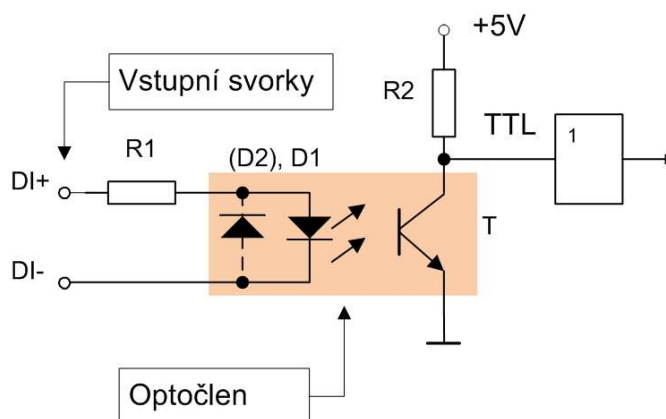
Obrázek Obr. 3.1b zachycuje situaci, kdy ke stejnému binárnímu TTL vstupu jako v předchozím případě, je připojen spínač (kontakt). Ten, pokud není v dokumentaci uvedeno jinak, se kreslí v klidovém stavu. V tomto případě je tedy jeho klidový stav „vypnut“ a aktivní „sepnut“. Díky již zmiňovanému odporu R_1 , je stav „rozepnut“ jednoznačně vyhodnocen jako log1 a stav „sepnut“ jako log0 – což je jasné zřejmé: sepnutím spínače dojde k připojení

binárního vstupu na 0V („zem“), což odpovídá log0. Závěrem zmiňme ještě jeden důležitý termín. Právě popsaná situace s „pasivním“ kontaktem (nepřivádí na binární vstup napětí) se v odborné literatuře nazývá jako „**Wet contact**“ – „moký kontakt“.

3.1.2 Optoizolované binární vstupy

Vstupy o TTL úrovních mají jednu podstatnou nevýhodu – zejména z pohledu průmyslového nasazení. Je to zejména nízká, případně žádná odolnost vůči překročení vstupních napětíových rozsahů a galvanické propojení senzoru se vstupními obvody počítače. Je potřeba si uvědomit, že vlastní senzor může být připojen kabeláží i v řádu desítek metrů a může se na jeho výstupní signál naindukovat rušivý signál o napětíových špičkách. Dále také – země vstupu (tedy řídicího systému) a senzoru mohou být na rozdílných potenciálech.

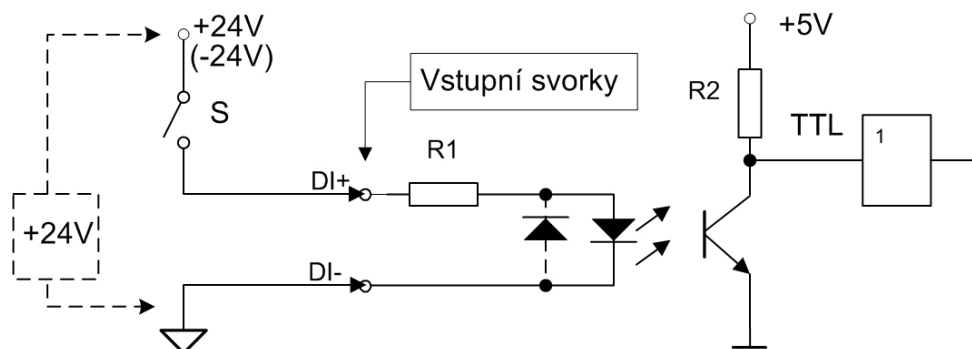
Těmto problémům se vyhneme, když použijeme binární vstupy s tzv. optoodělením, nebo též optoizolací. Tyto vstupy se také nazývají jen prostě „izolované“. Úkolem tohoto obvodu je tedy galvanicky oddělit vstup od vstupního signálu, případně naopak.



Obr. 3.2 Optoodělený/optoizolovaný binární vstup.

Obvod zajišťující optoodělení se skládá – viz zvýrazněná část na Obr. 3.2 – se skládá z LED diody D1, která, pokud jí protéká proud, emituje světlo dopadající na fototranzistor T. Průtok proudu musí zajistit přivedení vhodného napětí (není zde zakresleno – to bude úkolem senzoru) na vstupy DI+ a DI- (od Digital Input). Tranzistor se tedy otevře a začne jím protékat proud. (*Doposud byl uzavřen, proud jím tedy neprotékal – a tedy ani odporem R2. Na R2 tedy nemohl vzniknout žádný úbytek napětí, a na vstup obvodu TTL bylo přivedeno napětí +5V, což reprezentuje log1.*) Tento proud zároveň protéká jeho kolektorovým odporem R₂, což se projeví úbytkem napětí rovnajícím se $U_{R2} = 5 - U_{CE}$, kde 5 je napájecí napětí +5V a U_{CE} je úbytek napětí na přechodu kolektor-emitor otevřeného tranzistoru. Tedy na vstupu obvodu TTL se objeví napětí U_{CE} odpovídající úrovni log0 (vše vůči zemi). Součástí obvodu LED diody je také odpor R1, který omezuje velikost protékajícího proudu. Na obrázku je také čárkovaně zakreslena druhá LED D2, které je vůči D1 zapojena antiparalelně. Jejím účelem je zajistit nezávislost vstupu na polaritě vstupního napětí⁷.

⁷ Na pozici diody D2 také nemusí být LED dioda, ale normální usměrňovací dioda. V takovém případě má význam ochrany před připojením většího záporného napětí na vstup. LED diody totiž nemají závěrné napětí tak vysoké, jako usměrňovací diody.



Obr. 3.3 Připojení spínače na optoizolovaný binární vstup (čárkovaně je zakreslen obvod napájení vstupu).

3.1.3 Příklady binárních vstupů



Řešený příklad

Zadání: Navrhněte připojení koncového spínače. Použijte optooddělení.

Řešení: Možností vyřešit toto zadání je celá řada. Zde popíšeme několik typických možností, na kterých bude také demonstrováno použití tzv. dceřiné desky a desky svorkovnice – typické pro průmyslové nasazení. Prezentováno bude řešení založené na použití zásuvné karty s binárními vstupy a dále řešení využívající modul distribuovaných vstupů.

První řešení je založeno na použití karty PCI-7248 výrobce Adlink a určené do slotu PCI. Karta obsahuje celkem 48 binárních vstupů a výstupů rozdělených do dvou skupin po 24 linkách, respektive třech osmibitových portů/bran úrovně TTL, přístupných přes dva 50pinové konektory. (V tomto návrhu neřešíme, že nevyužijeme všechny vstupy a existují karty s menším počtem vstupů). Tyto skupiny emulují mód 0 známého obvodu 8255. To znamená, že každá z těchto bran - PA, PB a u PC zvlášť horní a dolní polovina - může být nastavena jako vstupní (DI), nebo výstupní (DO) – závisí čistě na našich požadavcích. (Karta ještě obsahuje čítače/časovače, které zde nevyužijeme.)



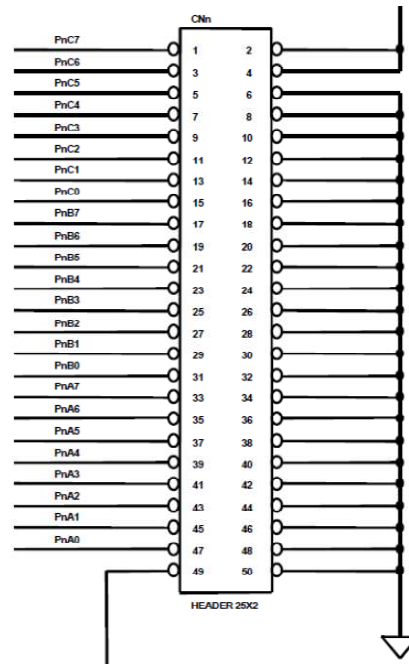
Důležitá poznámka

Po zapnutí/resetu, je celá karta vždy nastavena, respektive její linky jako vstupní! To je důležité z toho důvodu, aby nevznikly konflikty v případě připojených výstupů senzorů na výstupy karty („výstup na výstup“). Na kartě je ještě možno nastavit, jaká logická úroveň vstupu je výchozí – viz podrobný manuál karty.

(Konec poznámky)



Obr. 3.4 Karta PCI-7248 výrobce Adlink (48DIO).



Obr. 3.5 Konektor CNx karty PCI-7248 (celkem dva totožné).

Vzhledem k tomu, že karta nedisponuje optoddělenými binárním vstupy – což je požadavek uvedený v zadání, musíme kartu tímto dodatečně dovybavit. Každý výrobce u své karty nabízí vhodné moduly pro úpravu signálů – to je náš případ – potřebujeme vstupní binární signály „optoodělit“ a mít je kam spolehlivě připojit. Potřebujeme tedy- optoodělení + svorkovnici. Tyto desky se někdy nazývají jako „Daughter board“ – dceřiná deska. Dále výrobce nabízí také tzv. montážní desky, což je pouze svorkovnice určená k připojení provozní kabeláže a spojena s vlastní kartou vhodným kabelem – nazývá se „Screw terminal board“, nebo jen „Terminal board“. Tedy – vhodný modul – optoizolační dceřinou desku se svorkovnicí připojíme s příslušným DI konektorem karty, který je (zde) standardu „opto-22 compatible connector“ (v případě námi vybrané desky využijeme pouze přední konektor CN1).

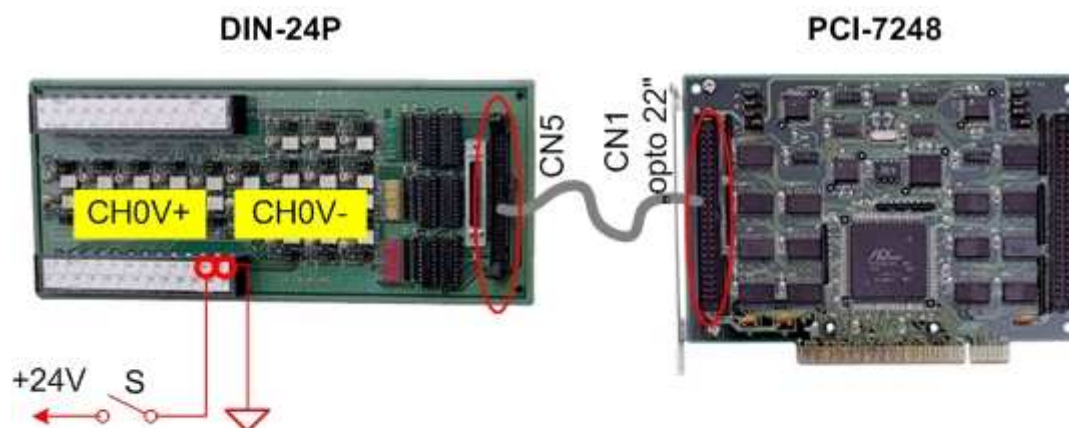
Vhodnou deskou s optoodělením je DIN-24P, u které je uvedeno: „Terminal Board with 24-CH Isolated Digital Inputs and DIN-Rail Mounting“ – deska s 24 optoodělovacími obvody. Pro kompletní popis ještě potřebujeme znát umístění a názvy DI linek na kartě i desce, na které spínač připojíme - to zjistíme v manuálu. Použijeme nejnižší linku brány PA konektoru CN1 (n=1), P1A0 – pin č.47 a zem (viz Obr. 3.5). Na optoodělovací desce, jsou tyto signály přivedeny na výstup příslušného obvodu optoodělení. Náš spínač budeme připojovat na jeho vstupy, tedy – viz příslušný manuál desky DIN-24P – na svorky označené CH0V+ a CH0V- svorkovnice CN8 – viz Obr. 3.6. Protože se ale jedná o vstup typu „Dry contact“, spínač S musí „přivést“ napětí na výše uvedený vstup CH0V+. V našem případě to bude +24V – viz rozsah vstupní log1 v manuálu desky (je tam uvedeno: log1 = +5V až +24V). Konektor CN1 karty a CN8 desky musíme propojit plochým 50žilovým kabelem - ACL-10150-1.5 (viz manuál karty).

CN8

CH10		CH8		CH6		CH4		CH2		CH0	
V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
CH11		CH9		CH7		CH5		CH3		CH1	
V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-

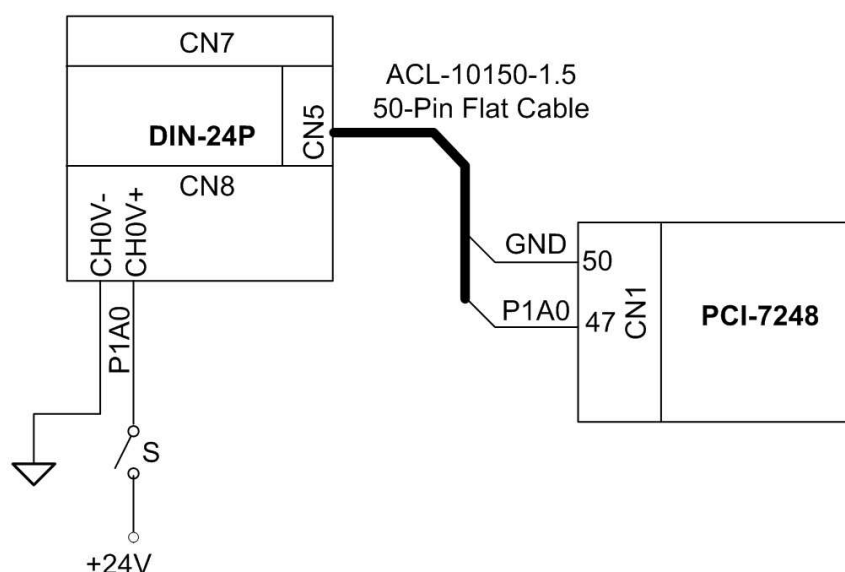
Obr. 3.6 Svorkovnice CN8 desky DIN-24P (viz datasheet - <http://miron.disca.upv.es/pei/Documentos/TB-DIN24X.pdf>).

Pro představu je celkové propojení znázorněno na Obr. 3.7.



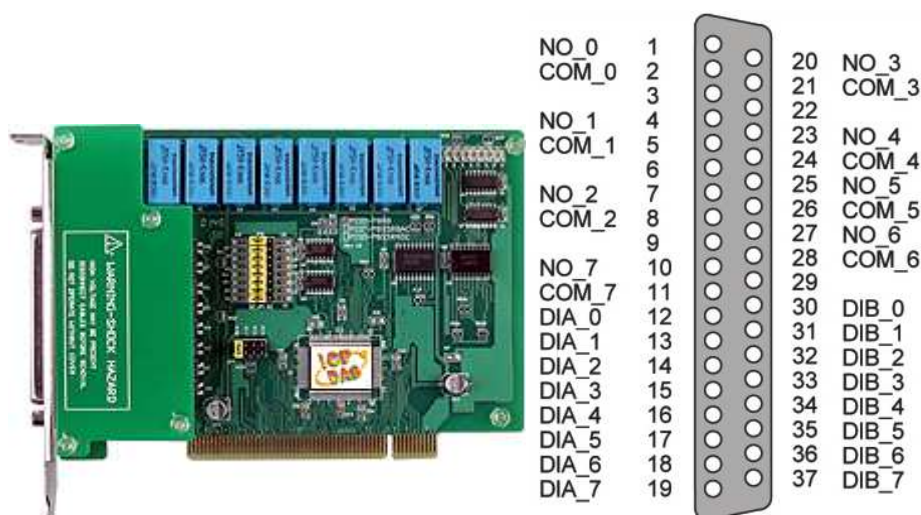
Obr. 3.7 Reálný vzhled sestavy karty PCI-7248 s deskou optooddělení DIN-24P, na kterou je připojen dvoustavový senzor S s kontaktním výstupem.

Následující schéma zachycené na Obr. 3.8 obsahuje všechny informace potřebné pro instalaci. Všimněte si, že zde u konektoru CN1 karty PCI-7248 není označen pin brány PA, na kterou je spínač S přes optooddělovací obvod desky DIN-24P připojen. Z hlediska instalace to totiž není důležité. Stačí informace, že obě desky jsou propojeny CN5 s CN1. Informace, že spínač S je připojen na linku PA0 (nejnižší bit), je důležitá až z pohledu programátora.



Obr. 3.8 Schéma zapojení spínače S připojeného na optoizolované vstupy desky DIN-24P a karty PCI-7248 – jedná se tzv. DRY kontakt – vyžaduje přivedení vnějšího napětí, zde +24V.

Další řešení je založeno na použití karty **PISO-P8R8** výrobce ICP_DAS. Jedná se opět o DIO kartu, tentokrát ale v konfiguraci 8 optooddělených binárních vstupů a 8 reléových výstupů (ty v našem příkladě nevyužijeme). Výhodou této karty tedy je, že už obsahuje optooddělovací obvody. To, co ale stále neobsahuje, je svorkovnice. Tu budeme muset tedy vyspecifikovat. Rozdíl oproti předchozímu řešení tedy bude v tom, že optooddělení je součástí karty a montážní deska bude obsahovat pouze svorkovnici (žádnou elektroniku). Upozorníme, že se opět jedná o kontakt typu Dry – vyžadující napájení.

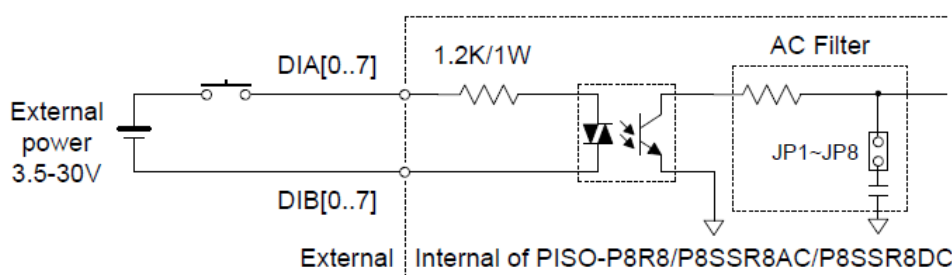


Obr. 3.9 Karta PISO-P8R8 a její konektor.



Důležitá poznámka

Zastavme se ale na chvíli u zapojení obvodu optooddělení – viz *Obr. 3.10*. Ve schématu je zajímavá část, označená jako AC filtr. Jedná se o RC člen – typu dolní propust s horní frekvencí cca 500Hz. Znamená to, že jeho aktivací - propojením jumperu JPn – bude vstup reagovat pouze na změny pod tuto frekvenci. Toto je výhodné, kdy potřebujeme např. eliminovat zákmity spínače (tlačítka) při jeho stisku/uvolnění.



Obr. 3.10 Detail optooddělovacího obvodu binárního vstupu karty PISO-P8R8.

(Konec poznámky)

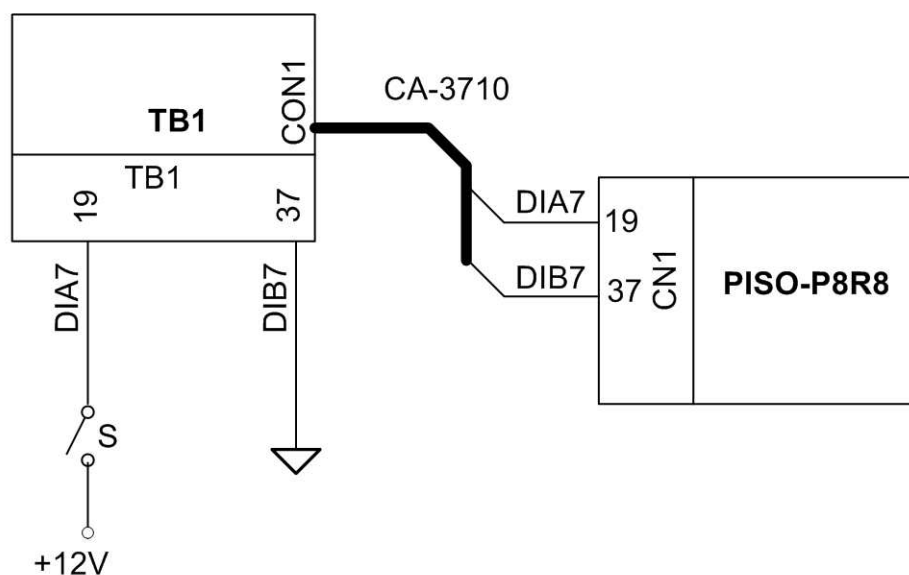
Vhodný modul obsahující svorkovnici je DN37 s konektorem Canon 37. Deska je zachycena na Obr. 3.11. a ke konektoru CN1 karty PISO-P8R8 je připojena 37žilovým kabelem CA-3710.



Obr. 3.11 Modul DN-37 svorkovnice – označena jako TB1 (s kabelem CA-3710) vhodná pro kartu PISO-P8R8.

V manuálech karty a svorkovnice je zřejmé, že číslování svorkovnice TB1 (na modulu DN37) je stejné jako čísla pinů konektoru CN1 karty PISO-P8R8.

Jako vstupní linku zvolme nyní např. nejvyšší bit vstupní brány, čemuž odpovídá pár DIA_7 (pin č.19) a DIB_7 (pin č.37) – viz popis konektoru CN1 karty ISO-P8R8 na Obr. 3.9 vpravo. Tyto piny jsou kabelem CA-3710 přivedeny na konektor CON1 desky DN-37 a zároveň vyvedeny na svorky č.19 a č.37 svorkovnice označené TB1. Celkové zapojení je znázorněno na Obr. 3.12.

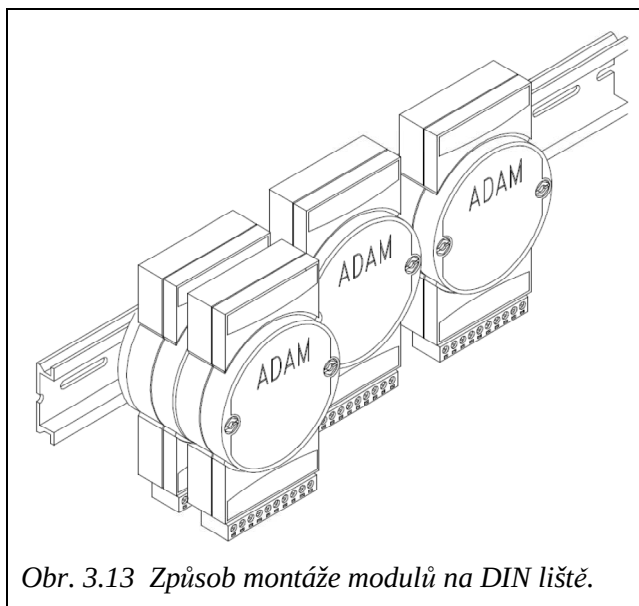


Obr. 3.12 Schéma zapojení spínače *S* připojeného na svorkovnici DN-37 a dále na optoizolované vstupy karty PISO-P8R8. Jedná se tzv. DRY kontakt – vyžaduje přivedení vnějšího napětí, zde +12V.

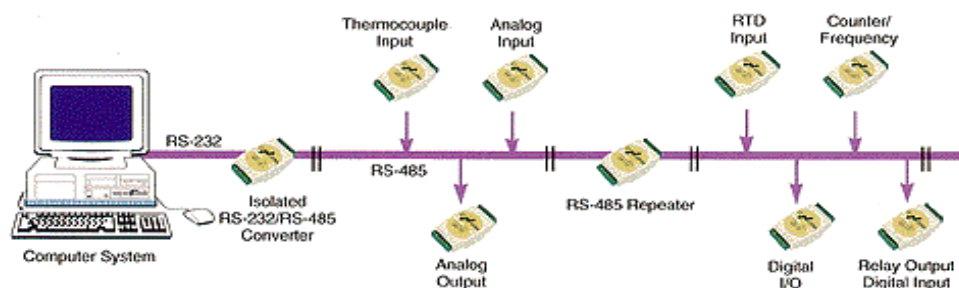
Poslední popsání řešení napojení výstupu senzoru s binárním výstupem ve formě spínače *S* bude založeno na modulu distribuovaných vstupů/výstupů. Tyto moduly obsahují vlastní DIO, dokážou příslušné DI (DO) zpracovat (zaznamenat) a přes komunikační rozhraní

(RS232, RS422, RS485, CAN, Ethernet, MODBUS a další...) poslat jejich stav nadřazenému řídicímu systému o stavu příslušného DI (DO).

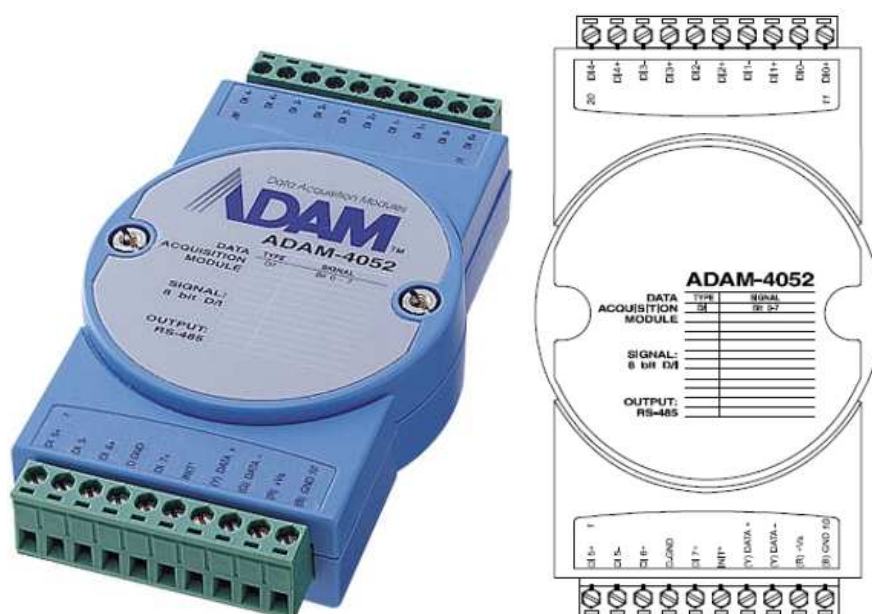
Do průmyslového prostředí jsou vhodné moduly řady ADAM 4000 výrobce Advantech, případně podobné moduly řady NuDAM 6000 výrobce ADLINK a moduly řady I7000 výrobce ICP_DAS. Výhodou použití těchto modulů je jejich robustnost, možnost montáže na DIN lištu, případně je montovat sendvičově jeden na sebe. Dále snadná rozšiřitelnost/úprava systému o další moduly a také osazení svorkovnic, která je navíc vyjímatelná, takže výměna modulu (např. vadného) za nový nevyžaduje zdlouhavé přepojování vodičů, ale stačí pouze svorkovnici (horní a dolní) vysunout a zasunout do nového modulu (vyjímatelná svorkovnice má na Obr. 3.15 zelenou barvu). Nevýhodou, respektive vlastností, kterou je nutno brát v úvahu, je nízká doba odezvy, cca desítky měření za sekundu.



Obr. 3.13 Způsob montáže modulů na DIN liště.



Obr. 3.14 Koncepce distribuovaných vstupů/výstupů založená na modulech NuDAM řady 6000 a komunikujících po sběrnici RS485.

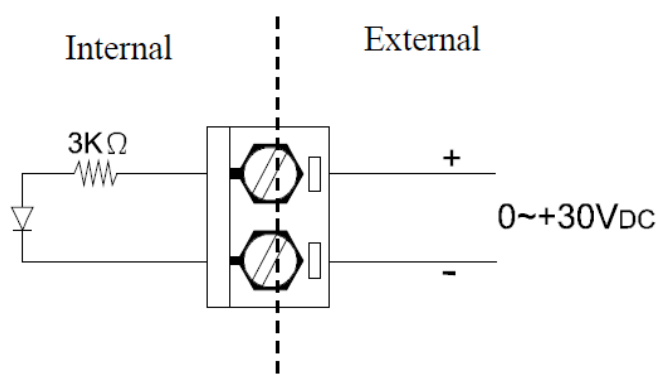


Obr. 3.15 Modul ADAM-4052 s 8 optooddělenými DI – výrobce Advantech.

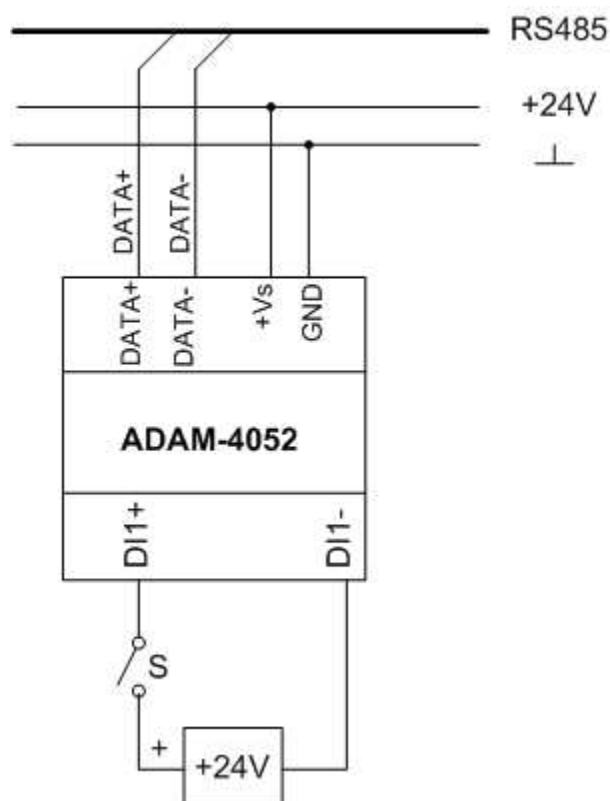
Modul ADAM-4052 obsahuje celkem 8 optooddělených binárních vstupů, z nichž 6 je vzájemně nezávislých (nesdílejí společně žádný vývod) a 2 mají společnou zem. Logické rozhodovací úrovně optoizolovaných vstupů jsou:

- log0: +1 V max,
- log1: +3 ~ 30 V.

Zapojení vstupu je zachyceno na Obr. 3.16. Pozor – oproti předchozím obrázkům je zde vstup na pravé straně.



Obr. 3.16 Detail optoodděleného vstupu modulu ADAM-4052 výrobce Advantech.

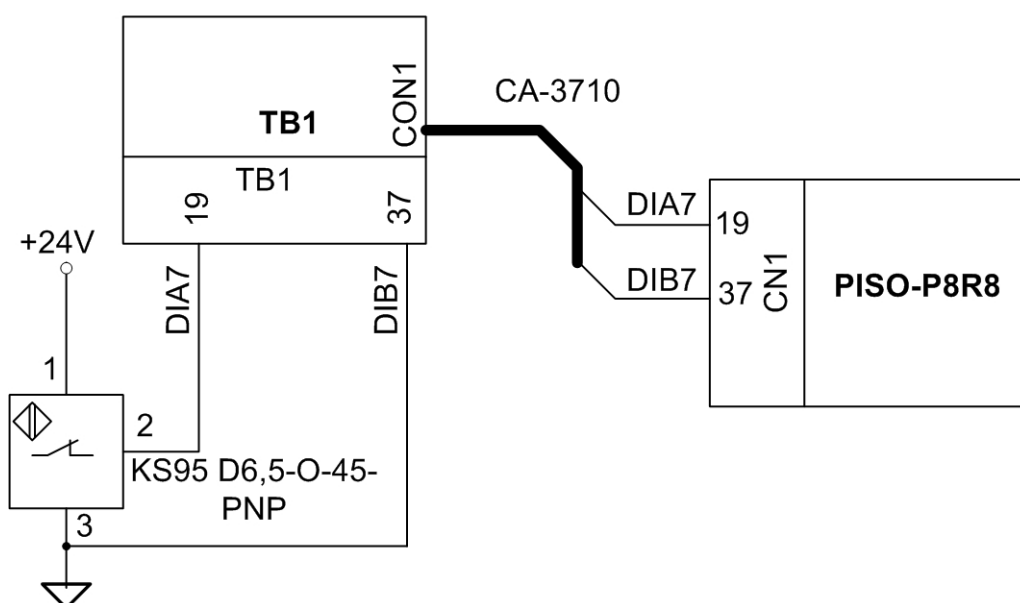


Obr. 3.17 Schéma zapojení spínače *S* připojeného na modul ADAM-4052. Pozor – zdroj 24V v obvodu spínače a napájecí zdroj 24V modulu jsou oddělené! V případě použití jednoho společného zdroje bychom přišli o funkci optooddělení!

Mimo zde doposud uvažované senzory s kontaktním výstupem – reprezentovaným spínačem *S*, se v praxi používají senzory s bezkontaktním binárním výstupem. Typickým představitelem jsou různé bezkontaktní indukční, kapacitní, optické a magnetické senzory polohy s funkcí: – je překážka (předmět) – není překážka (předmět). Jejich výstup bývá dvoustavový, zde označovaný jako PNP a/nebo NPN. Výstup můžou mít některé senzory také ve formě proudové smyčky (např. 4...20mA). Uvažujme nyní např. indukční senzor typu KS95 D6,5-O-45-PNP s PNP rozpínacím výstupem, třívodičový viz též [11].



Jeho napojení na kartu PISO-P8R8 by bylo následující – viz Obr. 3.18.



Obr. 3.18 Schéma zapojení indukčního senzoru KS95 D6,5-O-45-PNP připojeného na svorkovnici DN-37 a dále na optoizolované vstupy karty PISO-P8R8.



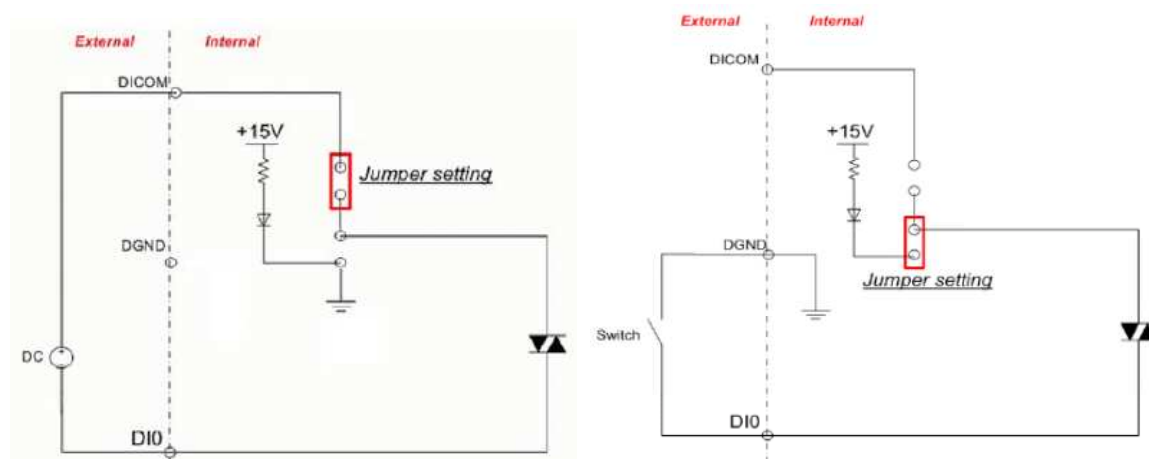
Otázky 3.1.

Jaká bude klidová logická úroveň – vyhodnocená kartou PISO-P8R8 v případě zapojení podle Obr. 3.18? Log0 nebo log1?



Důležitá poznámka

V souvislosti s optooddělených vstupů bylo na několika místech upozorněno, že se jedná o tzv. Wet kontakty, které vyžadují přivedení napětí na daný vstup. Je to logické – vstupním obvodem optooddělovacího obvodu musí protékat proud. Tuto určitou nevýhodu odstraňují některé moduly – např. ADAM-4055, u kterého je možné jako zdroje napětí pro vstup použít v modulu vytvořeného pomocného napětí. Toto napětí je galvanicky odděleno od ostatních částí modulu, a tedy vlastnost galvanického oddělení vstupu zůstává nedotčena. K takovému vstupu pak můžeme připojit i signál typu Dry kontakt – viz Obr. 3.19 vpravo.



Obr. 3.19 Schéma zapojení vstupních optooddělovacích obvodů modulu ADAM-4055 – vlevo běžný „Wet kontakt“, vpravo „Dry“ kontakt - využívající vnitřního napětí +15V.



Důležitá poznámka

U binárních optoizolovaných vstupů jsou uváděny vstupní rozsahy, pro jednotlivé logické úrovně. Např. pro již dříve uvedený modul ADAM-4052 jsou logické rozhodovací úrovně vstupů definovány:

log0: +1 V max,

log1: +3 ~ 30 V.

Jak ale postupovat v případě, že na vstup potřebujeme připojit vyšší napětí, než zde uvedených +30V? Předpokládejme tedy, že potřebujeme tento vstup ovládat napětím +48V. Toto vstupní napětí – horní hranice – je dána hodnotou maximálního proudu protékajícím optočlenem, respektive diodou (viz dioda vlevo na Obr. 3.20). Velikost proudu je – podle ohmova zákona – dána velikostí přivedeného napětí, předřadným odporem. Ve výpočtu by bylo pro úplnost potřeba uvažovat také úbytek napětí na diodě, který je cca 0,7V. Jaká tedy je velikost protékajícího proudu? Vyjdeme z průměrné hodnoty, která spolehlivě stačí na správné vyhodnocení log1. Tedy průměrná hodnota je $(3 + 30)/2 = 16,6$ V.

Velikost proudu $I = (16,6 - 0,7)/3000 = 5,3$ mA.

Takže pro uvažované vstupní napětí +48V⁸ ?

$R_C = 48 / 5,3 \cdot 10^{-3} = 9$ k Ω . Toto je celková hodnota předřazeného odporu. Protože jeho část – zde konkrétně 3 k Ω – je již osazena, musíme před tento odpor předřadit $9 - 3 = 5$ k Ω . Tento přídatný odpor R_P bude instalován vně modulu. Zbývá určit jeho ztrátový výkon:

$P = U \cdot I = R_P \cdot I^2 = 5000 \cdot (5,3 \cdot 10^{-3})^2 = 0,14$ W.

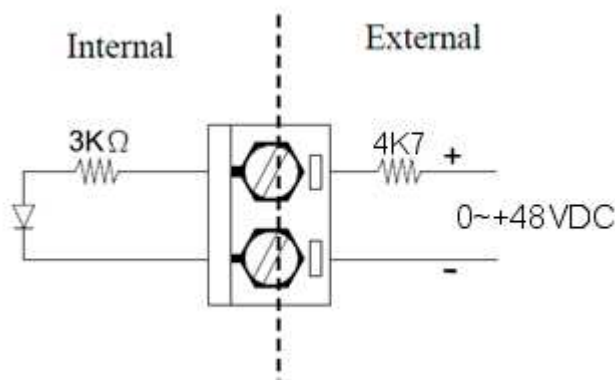
V praxi zvolíme hodnotu odporu R_P z některé řady jmenovitých hodnot – např. E12 uvádí nejbližší hodnotu k 5 k Ω dvě: 4k7 a 5k6. Zvolme tedy hodnotu $R_P = 4k7$ (=4,7 k Ω) v provedení pro ztrátový výkon 0,25W. Je potřeba si také uvědomit, že dojde také k

⁸ Ve výpočtu je zanedbán úbytek napětí na diodě.

posunu minimálního vstupního napětí, protože původní hodnota by už – pravděpodobně – nezajistila požadovaný průtok proudu diodou.

Tedy – hodnota předřadného odporu $R_p = 4k7/0,25W$.

Zapojení vstupu s přidáním předřadným odporem je zachyceno na Obr. 3.16.



Obr. 3.20 Zvýšení vstupního rozsahu binárního vstupu modulu ADAM-4052 předřazením odporu.

(Konec poznámky)



Řešený příklad

Zadání: Navrhněte řešení monitorující napájení 230V/50Hz.

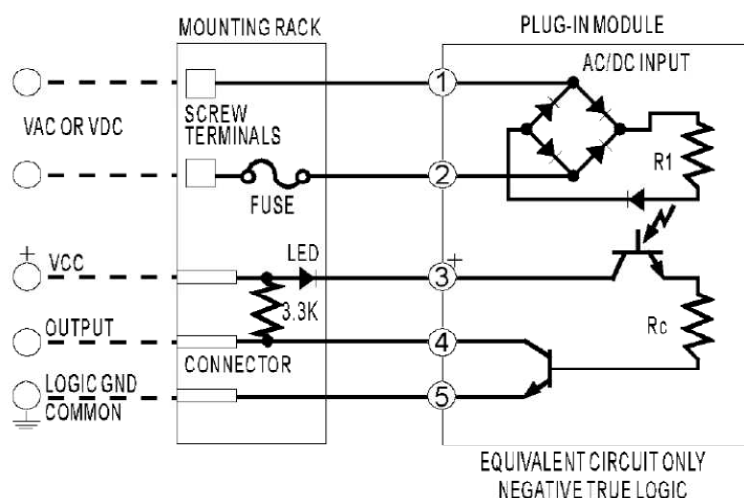
Jedná se o zadání, které má co možná nejjednodušeji detekovat, zda na daném elektrorozvodu je přítomno napětí 230V. Můžete si představit požadavek, že vaším úkolem je toto napětí nejprve pomocí elektrostykače připojit (zde nebude řešeno) a potřebujete se přesvědčit, zda k sepnutí opravdu došlo a napětí na sepnutém okruhu je přítomno. Upozorníme, že úkolem není měřit velikost tohoto napětí!

Řešení:

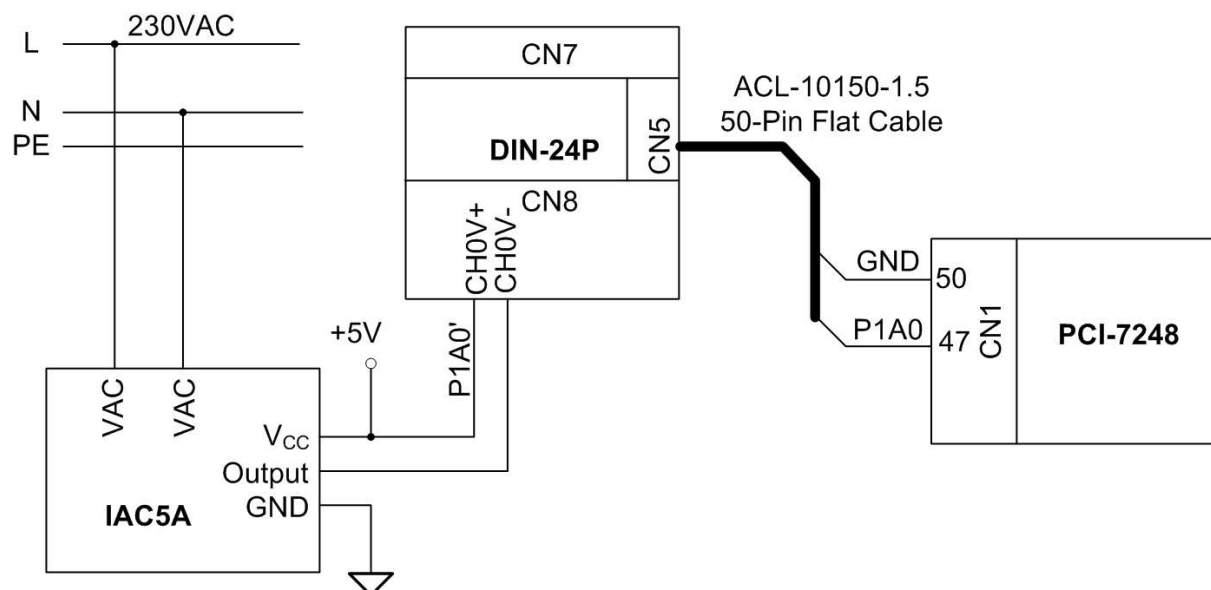
Pro zjištění, zda je nebo není napětí 230V na vedení, vyjdeme z osvědčeného a jednoduchého řešení založeného na pomocném elektromechanickém relé. Budicí vynutí takového relé – napětíově dimenzované právě na testované napětí – je trvale zapojeno do monitorovaného obvodu. V našem případě by to bylo mezi fází L a nulový vodič N vedení 230V/50Hz. Pokud napětí je, relé přitáhne své kontakty. Stav těchto kontaktů pak zjišťujeme – viz odstavec výše.

V současné době je možné použít i polovodičové, optoizolované moduly. Právě takovéto řešení, založené na modulu opto22 použijeme zde. Modul IAC5A má logický výstup 0/5V, který je ovládán střídavým napětím 180-280V. Modul je výměnný a je zasunut do montážní desky (existují desky až pro 24 těchto modulů) – viz Obr. 3.22. Výstup tohoto

modulu (vývod 4, respektive svorka „output“ montážní desky) ovládá optoizolovaný binární vstup montážní desky DIN-24., který je následně zpracován TTL vstupem karty PCI-7248 – viz Obr. 3.22.

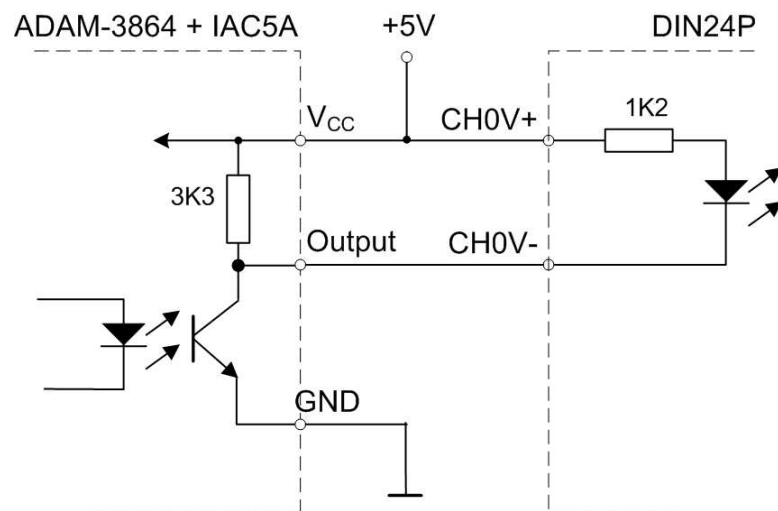


Obr. 3.21 Příklad vstupního polovodičového modulu IAC5A spínaného (ovládaného) napětím 180-280 VAC s logickým +5V. Na obrázku je schematicky zakresleno jeho osazení do montážní desky (uprostřed) a napojení na vstupní (nahore) a výstupní optooddělenou (dole) část. Foto podobného modulu a montážní desky viz Obr. 3.28 v následující kapitole. (http://www.opto22.com/documents/0448_Std_Dig_AC_Inputs_data_sheet.pdf).

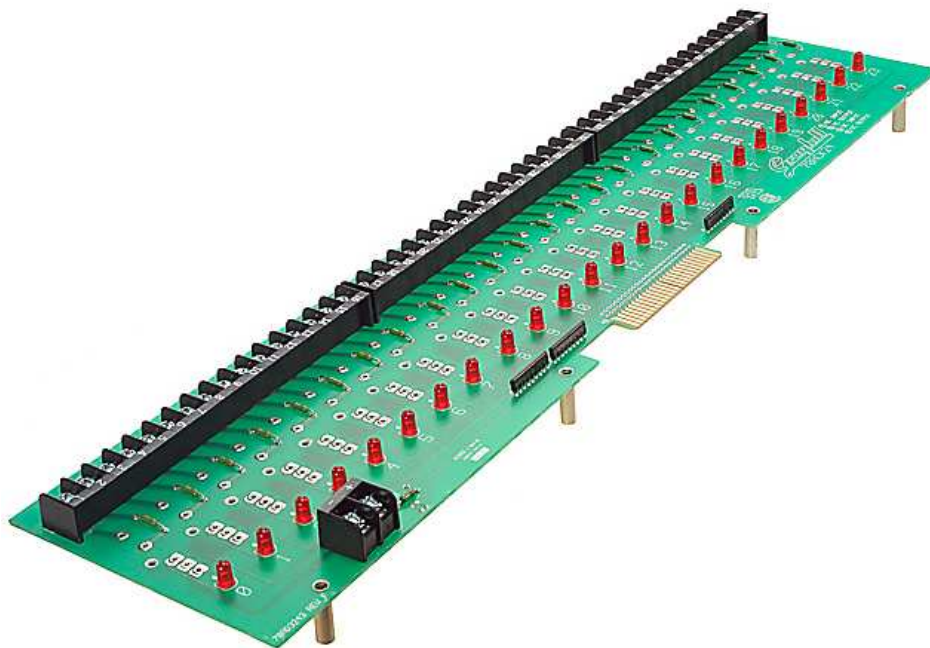


Obr. 3.22 Schéma zapojení modulu IAC5A (osazen v montážní desce – není zde zdůrazněno) a napojení jeho výstupu na optoizolovaný vstup desky DIN-24P a karty PCI-7248.

Detailní funkční schéma napojení výstupu modulu IAC5A na optoizolovaný vstup (zde deska optoizolovaných vstupů DIN-24P) je znázorněno na Obr. 3.23.



Obr. 3.23 Detailní schéma napojení výstupu modulu IAC5A (ten je osazen v montážní desce ADAM-3864) na optoizolovaný vstup desky DIN-24P a karty PCI-7248.

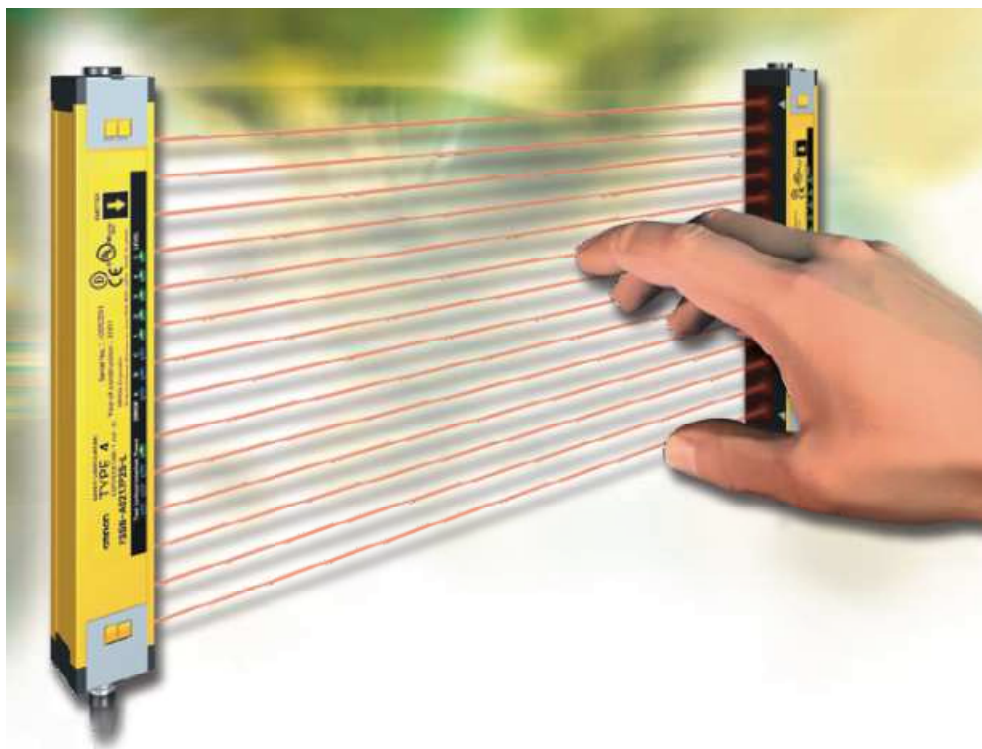


Obr. 3.24 Montážní deska pro až 24 modulů opto22.



Úlohy k řešení 3.1.

Navrhněte zapojení pro připojení logického výstupu bezpečnostní světelné záclony napájené ze zdroje +24V/2A a dávající dvojici vzájemně negovaných (redundantních) logických signálů 0/24V.



Obr. 3.25 Bezpečnostní světelná záclona.

3.1.4 Program binární vstupy

SW**Program**

Pro praktické seznámení s moduly určenými pro čtení stavu binárních vstupů je navržen program „ADAM4050“, který komunikuje s modulem ADAM-4050. Tento program je součástí laboratorní úlohy.

3.2 Binární výstupy



Výklad

Pomocí binárního výstupu/výstupů řídicí systém fyzicky ovládá/nastavuje ovládaný (dvouhodnotový) člen. Výstupním prvkem je buď dvouhodnotový logický signál – např. v úrovni TTL, případně spínací funkce – kontaktní (relé), spínací tranzistor. Příkladem ovládaného členu je např. kontrolka, cívka relé nebo stykače, cívka elektroventilu, logická hodnota povolující/zakazující funkci daného zařízení (typicky tzv. signál „Enable“) apod. Může to být ale zase prostý binární vstup jiného zařízení – např. pro adresaci vstupu přepínače 16 měřicích míst bude zapotřebí generovat/nastavovat 4 bity adresy ($2^4 = 16$).

Pro správnou funkci je zapotřebí vždy také posoudit elektrické parametry výstupního členu (potřebné napětí, odebíraný proud, charakter zátěže – indukční, kapacitní apod.) a podle těchto vlastností zvolit odpovídající typ výstupních obvodů řídicího systému.

Podle proudové a napěťové zatížitelnosti lze výstupní obvody volit jako nízkovýkonové a výkonové, dále podle typu oddělení jako neizolované a izolované.

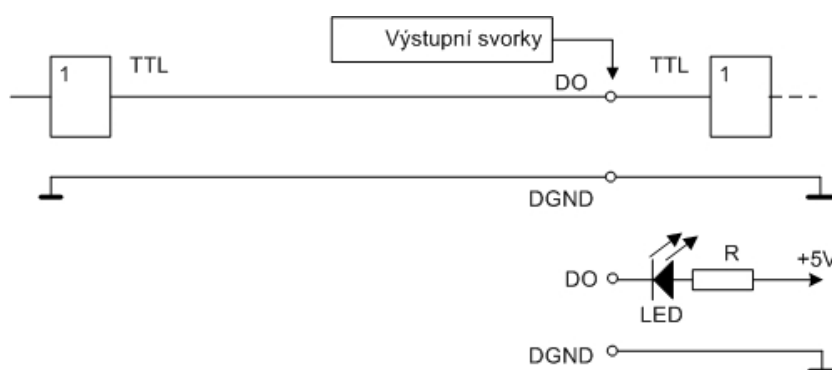
Nízkovýkonové binární výstupy bývají často realizovány přímo na PC kartě. Výkonové pak na externích deskách, které jsou připojeny na TTL výstupy PC karty.

3.2.1 TTL výstupy

Na Obr. 3.26 je zakreslen základní typ binárního – DO – výstupu, s úrovní TTL. Například DO u karty PCI-7248 jsou charakteru TTL a mají tyto výstupní parametry:

log1:	2.4 V min.,
log0:	0.5V max.,
proud log1:	-15.0 mA,
proud log0:	24.0 mA.

Na tomtéž obrázku je také zakresleno ovládání signalizační LED. Ta zde bude svítit při výstupu nastaveném na úroveň log0. Velikost odporu R zohledňuje požadovanou velikost proudu diodou – samozřejmě s ohledem na proudovou zatížitelnost daného TTL výstupu ve stavu log0 (viz příslušná dokumentace).

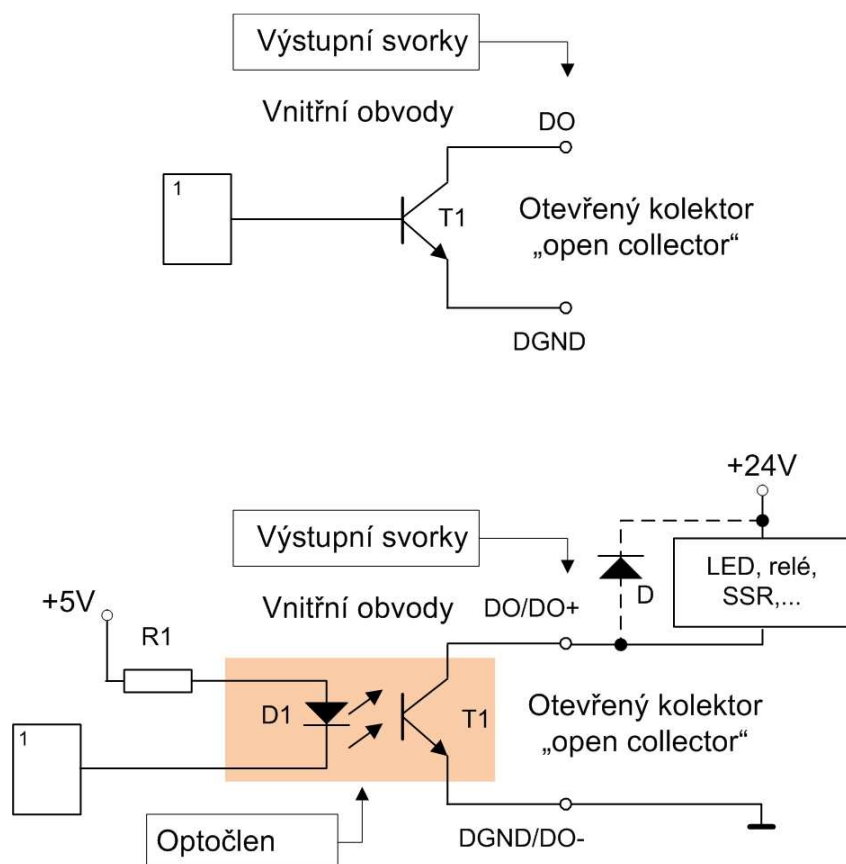


Obr. 3.26 Binární výstup typu TTL s příkladem napojení na další TTL vstup a signalizační LED.

3.2.2 Optoizolovaný binární výstup

Vlastností TTL výstupu je jeho nízká proudová zatížitelnost, nízké výstupní napětí a díky galvanickému propojení výstupu se zátěží také nízká odolnost. Tyto nevýhody (případně některé) odstraňuje výstup, který se nazývá otevřený kolektor („open collector“) – v případě použití bipolárního tranzistoru, nebo „open source“ při použití Mosfet tranzistoru. Jedná se v podstatě o spínací tranzistor, který má vyveden kolektor a emitor. Tímto tranzistorem je pak spínána připojená zátěž. Na Obr. 3.27 nahoře je schéma přímého výstupu typu otevřený kolektor, v jeho spodní části pak jeho optoizolovaná verze. Upozorníme zde na nutnost řešit - v případě spínání indukční zátěže – ochranu tranzistoru před zničením (průrazem) při odpojování indukční zátěže. Vznikají zde totiž napěťové špičky opačné polaroty (jev je dán tzv. vlastní indukcí). Jejich bezpečný „odvod“ zajišťuje dioda D, připojená v závěrném směru paralelně ke spínané zátěži. Této diodě se někdy říká „zhášecí“, „nulová“ nebo „rekuperační“ - v případě rozpínání indukční zátěže pomocí mechanických kontaktů relé vzniká elektrický oblouk, který odstraňovala. V některých případech bývá tato dioda už součástí výstupního obvodu – nutno ověřit v dokumentaci.

Na spodním obrázku je ještě jedna důležitá věc. Některé DO moduly/karty mohou mít tyto výstupy (optoizolované) vyvedeny každý zcela nezávisle – viz označení výstupních svorek DO+ a DO- (ve skutečnosti ještě doplněno číslem výstupu), nebo tyto výstupy mají jeden „konec“ společný, jako v případě takto označené svorky emitoru tranzistoru DGND („Digital Ground“).



Obr. 3.27 Binární výstup (DO) typu otevřený kolektor- neizolovaný a izolovaný, s příkladem ovládání zátěže.

Mezi příklady spínané zátěže lze zařadit relé, stykač, akustická houkačka, informační výstražné světlo, SSR (Solid State Relay)– „polovodičové relé“, celou řadu akčních členů typu ventil, solenoid atd. Uvedené příklady jsou napájeny/buzeny stejnosměrným napětím/proudem. Podle potřebné proudové a napěťové zatížitelnosti musíme vybrat vhodný modul/kartu. Např. modul distribuovaných DO I-7055 může spínat zátěž napájenou až napětím 40V a odběrem 650mA. Jako další příklad zmiňme dceřinou desku DIN-96DO⁹ výrobce Adlink, s parametry: spínané napětí +24V, proud 350mA.

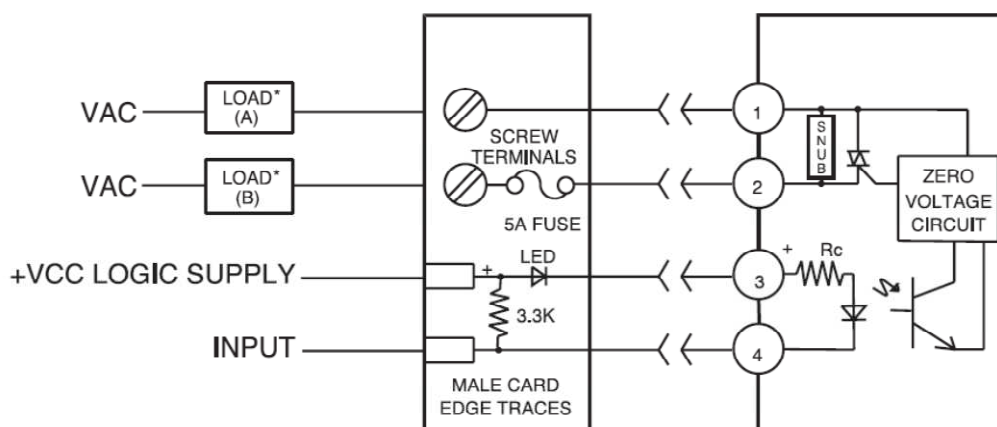
Právě popsané výstupy jsou určeny pro spínání stejnosměrného napětí/proudu, respektive zátěže napájené stejnosměrným napětím. V praxi existuje ale celá řada zařízení, které se napájí střídavým napětím, což nese požadavek spínat takovéto napětí. Nejjednodušším řešením je použít externí modul určený pro spínání střídavé zátěže a ovládaný logickým signálem. Je samozřejmostí, že vstupní a výstupní (silová) část tohoto modulu bývá také optoizolovaná. Takovým modulem může být např. OAC24A [12], určený pro spínání zátěže napájené střídavým napětím až 280V s proudovým odběrem do 3,5A. Modul je ovládán logickým napětím +24V/20mA¹⁰. Tento polovodičový výměnný modul je určen do zástavby do nosné desky I/O modulů, např. ADAM-3864 výrobce Advantech.



Obr. 3.28 Montážní deska ADAM-3864 pro osazení až čtyřmi standardizovanými polovodičovými I/O moduly.

⁹ 96 optoizolovaných výstupů typu otevřený kolektor.

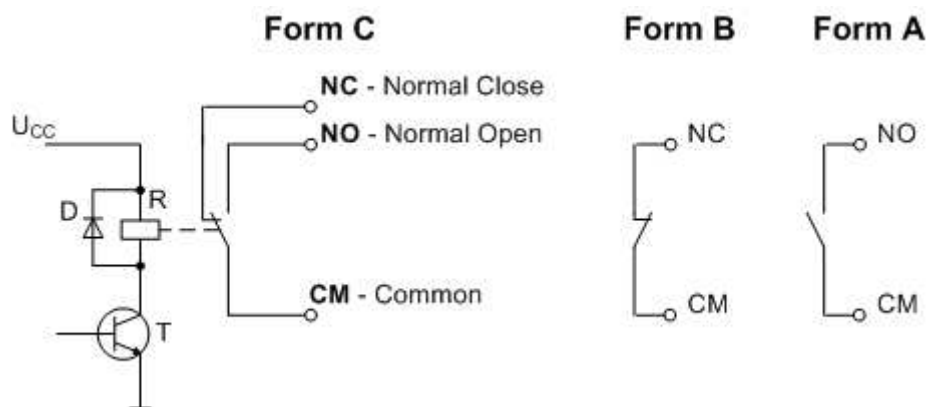
¹⁰ Existují moduly i pro jiná ovládací napětí – např. modul OAC5A je řízen logickým napětím +5V/12mA, takže je ho možné ovládat i některými výstupy typu TTL.



Obr. 3.29 Příklad polovodičového výstupního modulu OAC24A určeného pro spínání střídavého napětí (zátěže napájené střídavým napětím). Na obrázku je schematicky zakresleno jeho osazení do montážní desky (uprostřed) a napojení na řídicí a ovládanou část. (http://www.opto22.com/documents/0449_Std_Dig_AC_Outputs_data_sheet.pdf).

3.2.3 Reléový výstup

Mezi další typy binárních výstupů, určených pro spínání větších napětí a proudů, patří klasická elektromechanická relé, zajišťující svými kontakty galvanické propojení. Ty bývají buď součástí karty – např. již zmiňovaná karta PISO-P8R8, viz Obr. 3.9, obsahuje 8 relé. Další možností, jak realizovat reléové výstupy, je použití externí reléové desky (montážní desky). Rovněž je možné použít – tam, kde je to přínosné – distribuovaných reléových výstupů (např. již dříve zmiňované moduly řady ADAM4000 atd). Příklady popisující řešení reléových výstupů budou uvedeny dále v textu.



Obr. 3.30 Typy reléových výstupů.

Reléové výstupy jsou charakterizovány svým typem – Form C znamená, že k dispozici jsou všechny možné stavy relé, tj. spínací – NO (Normal open), rozpínací – NC (Normal close) a samozřejmě i společný – CM (Common) – viz Obr. 3.30 vlevo. Jedná se o univerzální zapojení. Form B označuje relé, které má pouze dva vyvedené kontakty, a to společný CM a rozpínací NC – Obr. 3.30 uprostřed. Konečně posledním typem je Form A, u kterého je mimo CM vyveden spínací kontakt NO – Obr. 3.30 vpravo. Z elektrického hlediska nás pak bude při výběru zajímat velikost a typ spínaného napětí/proudu, případně i

přechodový odpor. Dalšími parametry jsou počet sepnutí a doby sepnutí/rozepnutí kontaktů a také maximální frekvence spínání.

Mimo klasického relé, je v řadě případů možné použít tzv. Solid State Relay – SSR - polovodičového relé. Zmíněno již bylo v předchozí kapitole v souvislosti s optoizolovaným výstupním modulem OAC24A, určeným pro spínání střídavé zátěže. SSR relé je moderní náhrada za elektromechanická relé a stykače. V případě potřeby spínání střídavého napětí, se vyrábí se nejčastěji v provedení pro jednu nebo tři fáze o přípustných proudech od jednotek po stovky ampér. Vnitřně jsou realizovány pomocí různých druhů tyristorů nebo moderními IGBT tranzistory. SSR relé musí být vybaveny přepětíovou ochranou (např. varistorem), připojenou paralelně přímo na výkonové svorky relé u každé fáze. Existují v provedení pro spínání stejnosměrné (DC) a střídavé (AC) zátěže, v případě střídavých modulů pak rozlišujeme jednofázové a třífázové provedení. Výhody, které přináší relé SSR oproti mechanickým relé a stykačům:

Výhody	Nevýhody
• U střídavých SSR zpravidla spínání při průchodu proudu nulou (díky této vlastnosti nedochází k velkým proudovým nárazům, k produkovaní rušení a přepětí v síti, jako je tomu u mechanických relé a stykačů) • I jiné způsoby spínání (okamžité, burst,...). Kromě provedení pro ohmické zátěže spínajícího při průchodu napětí nulou, jsou k dispozici i SSR v provedení pro induktivní zátěže spínající okamžitě. • Tichý, spolehlivý provoz s dlouhou životností (neopálují se kontakty,...) • Velké výkony, vysoká závěrná napětí • Obvykle menší rozměry modulu při stejném spínaném výkonu (oproti elektromechanickému relé) • Vhodné pro vyšší frekvence spínání (typicky pro PID regulaci, BurstFire,...) • Ovládání malým např. malým napětím do 32V (ale třeba i 230V) AC/DC, jelikož se relé neovládá cívkou ale elektronicky, neprodukuje ovládací vstup přepětí, nemusí být tedy vybaven R-C členem či diodou pro pohlcení vzniklého přepětí, jako je tomu u obvyčných relé • Indikace sepnutého stavu LEDkou (zjednodušuje a urychluje uvádění do provozu, případně hledání závady.) • Vysoký stupeň krytí IP • Snadné a levné doplnění o "chytré" moduly, díky kterým lze řídit např. 1f st komutátorové motory, stmívání žárovek,... pomocí analogového vstupu třeba 0-10V, 4-20mA,...	Produkují ztrátové teplo, které je nutné uchlazení Vyšší cena oproti běžně používaným relátkům a stykačům

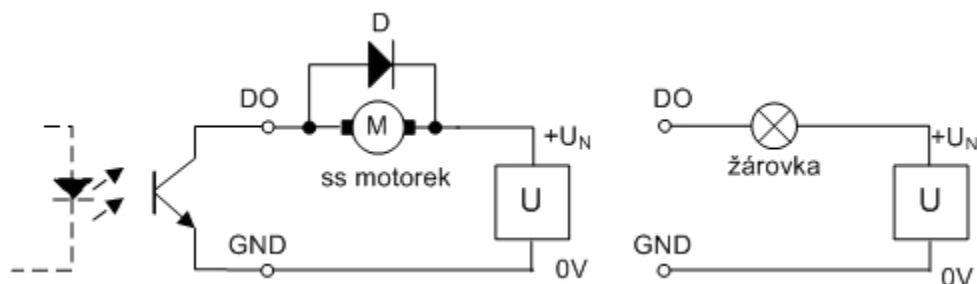
3.2.4 Příklady binárních výstupů



Řešený příklad

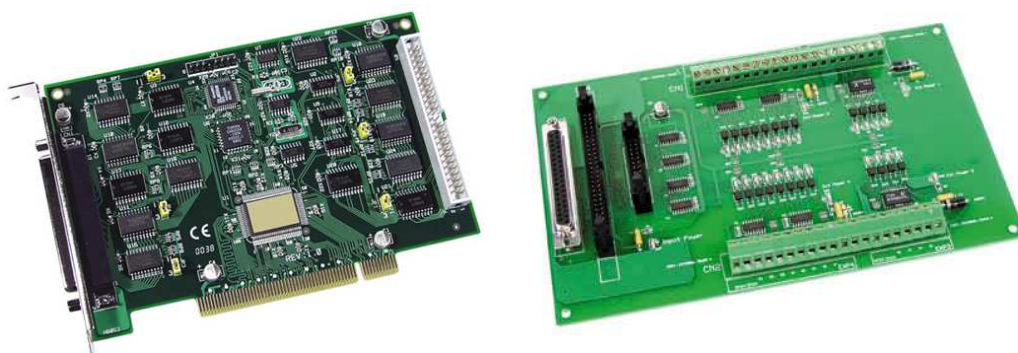
Zadání: Navrhněte sepnutí DC zátěže napájené 24V(48V)/500mA. Použijte/nepoužijte galvanické oddělení.

Řešení: Možností vyřešit toto zadání je celá řada. Zde popíšeme řešení využívající univerzální desku s TTL DIO, doplněnou – kvůli potřebě spínat větší zátěž – dceřinou deskou s výkonovými výstupy a také potřebnou svorkovnicí.



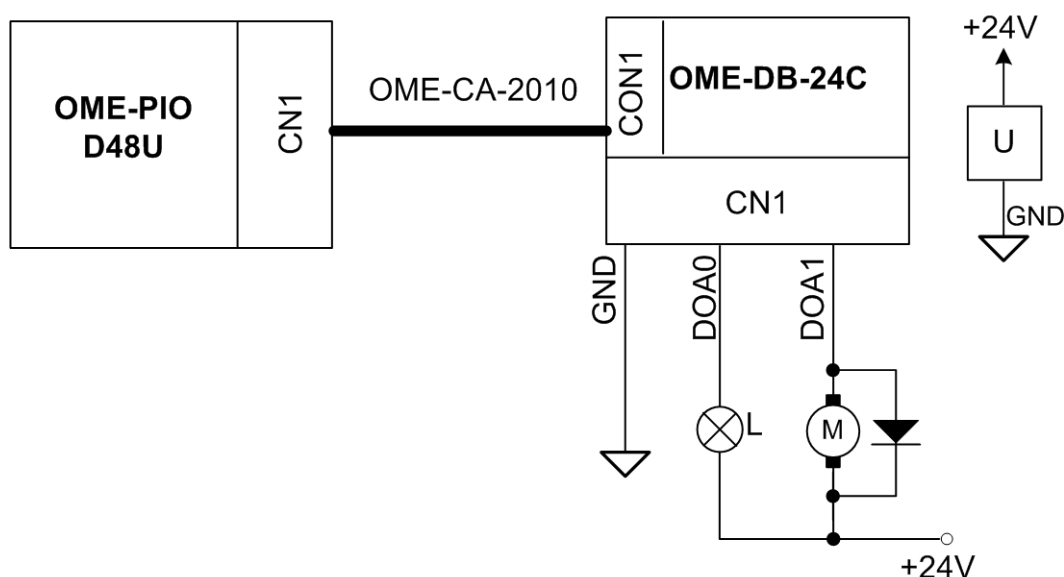
Obr. 3.31 Příklad spínání stejnosměrné (DC) zátěže výstupem typu otevřený kolektor. Vlevo indukční zátěž, vpravo odporová).

Navržené **řešení** je založeno na použití HW výrobce Omega - karty OME-PIO-D48U, určené do PCI slotu. Karta obsahuje 48 DIO, rozdělených do 6 nastavitelných obousměrných binárních portů typu TTL. Pro spínání požadované zátěže – viz zadání – musí být tedy karta doplněna externím modulem s výkonovými výstupy (minimálně schopnými spínat 24V/0,5A). Těmto požadavkům vyhovuje deska OME-DB-24, která nabízí 24 NPN výstupů s otevřeným kolektorem. Z těchto 24 výstupů jich osm může spínat zátěž až 35V/600mA, zbylé pak 35V/100mA (Podrobnosti viz manuál).



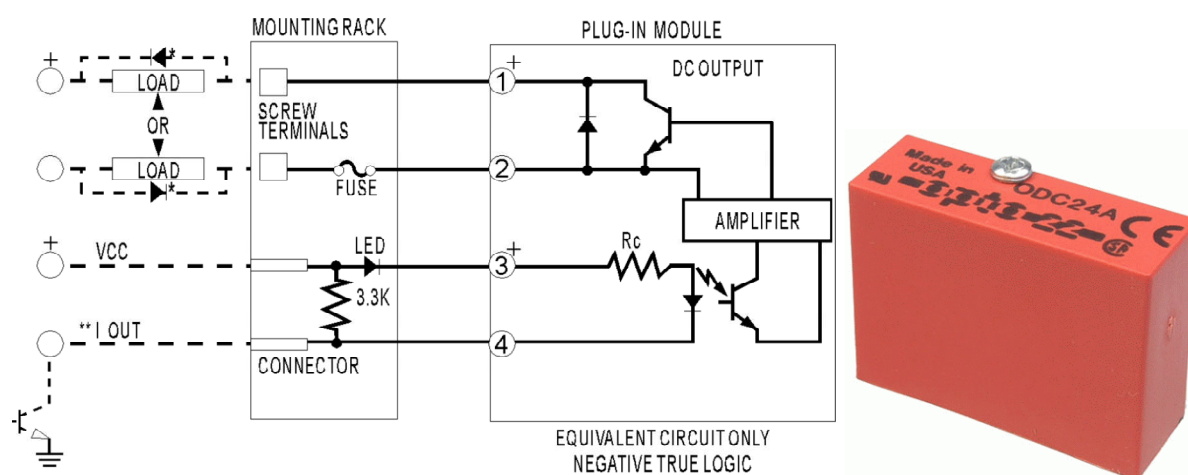
Obr. 3.32 PCI karta 48 DIO OME-PIO-D48U a montážní deska OME-DB-24C 24 výstupních linek typu otevřený kolektor – vše výrobce Omega.

(http://www.omegaeng.cz/ppt/pptsc_lg.asp?ref=OME-PIO-D48U&Nav=dasd03)



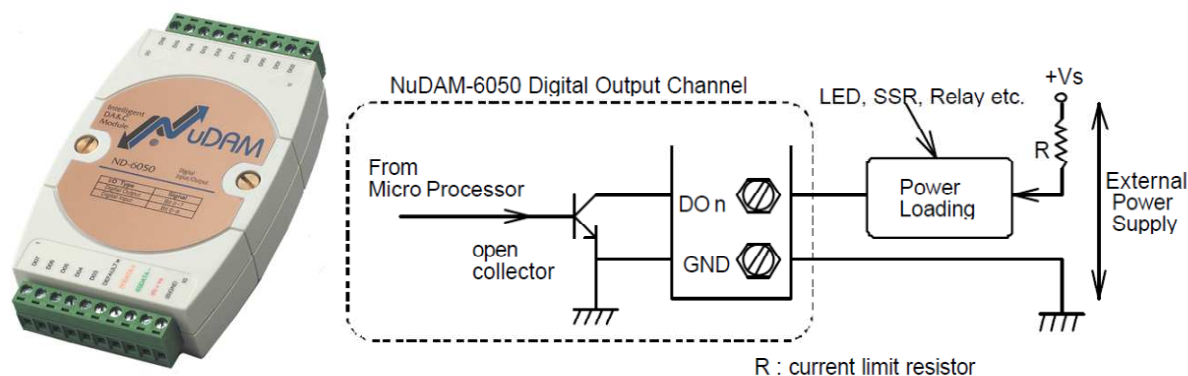
Obr. 3.33 Schéma zapojení karty OME-PIO-D48U a desky OME-DB-24C spínající zátěž – žárovku L a DC motor M.

Další řešení využívá modulu opto22 ODC24 ovládaného DO typu otevřený kolektor modulu NUDAM6050. Modul ODC24A může spínat stejnosměrné napětí 5-60V/3A a k jeho ovládní je zapotřebí logický signál 0/18-30V s proudovým odběrem 18mA. Pro ovládní tohoto modulu je navržen modul NuDAM6050, který disponuje 7DI a 8DO. Parametry DO jsou pro ovládní ODC24 vyhovující: výstup typu otevřený kolektor, 0/24V s proudovým odběrem do 50mA.



Obr. 3.34 Příklad polovodičového výstupního modulu ODC24 určeného pro spínání stejnosměrného napětí (zátěže napájené stejnosměrným napětím). Na obrázku je schematicky zakresleno jeho osazení do montážní desky (uprostřed) a napojení na řídicí – čárkovaně -a ovládanou část „Load“. Rozměry modulu: 43,2(š)x31,8(v)x15,2(h) mm.

(http://www.opto22.com/documents/0450_Std_Dig_DC_Outputs_data_sheet.pdf)

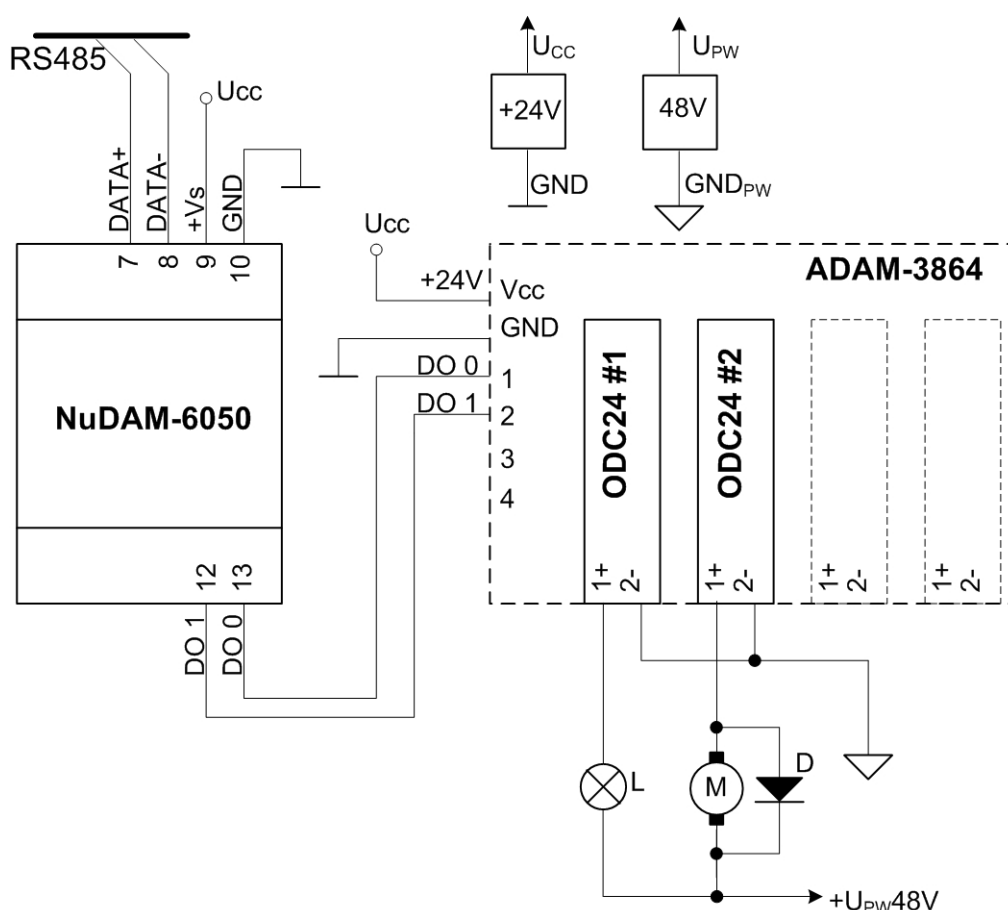


Obr. 3.35 Schéma zapojení výstupu – otevřený kolektor – modulu NuDAM-6050.

Schéma zapojení je znázorněno na Obr. 3.36. Zátěž – zde tvořena žárovkou a DC motorem, je spínána pomocí modulů ODC24, respektive výstupním tranzistorem tohoto modulu – viz detail na Obr. 3.34. Tento modul je přes vnitřní optooddělovací obvod řízen/ovládán modulem distribuovaných DIO NuDAM6050. Zde jsou použity dva DO výstupy – DO 0 a DO 1. Ty jsou typu otevřený kolektor a spínají vstupní optočlen modulů ODC24 – jeho vstupy „4“, respektive na montážní desce ADAM-3864 označené 1 a 2. Montážní deska ADAM-3864 a modul NuDAM6050 jsou napájeny ze zdroje $U_{cc} +24V/200mA$ (proudový odběr zvolen na základě dokumentace). Žárovka a motor jsou napájeny ze zdroje UPW 48V/2A (proudový odběr je zvolen jako dvojnásobek nominálního). V obvodu spínání DC motoru je také zabudována ochranná dioda – jedná se zde o spínání indukční zátěže.

V krátkosti jinými slovy – výstupní tranzistor modulu NuDAM-6050 spíná přes optooddělovací člen modulu ODC24 jeho výstupní výkonový tranzistor. Ten pak danou zátěž.

Vzhledem ke zvolenému typu řídicího modulu – NuDAM řady 6000 – je celá sestava ovládána nadřazeným řídicím systémem prostřednictvím sériového rozhraní RS485. To musí být ukončeno odpory, tzv. terminátory – ve schématu není zakresleno.



Obr. 3.36 Schéma zapojení ovládání informační žárovky a DC motoru, napájených napětím +48V. Řízení je pomocí modulu NuDAM6050, který ovládá dvojici výkonových spínačů, optoizolovaných modulů ODC24.

3.2.5 Program binární výstupy

SW Program

Pro praktické seznámení s moduly určenými pro ovládání binárních výstupů je navržen program „ADAM4050“, který komunikuje s modulem ADAM-4050 (respektive s NuDAM-6050). Tento program je součástí laboratorní úlohy.



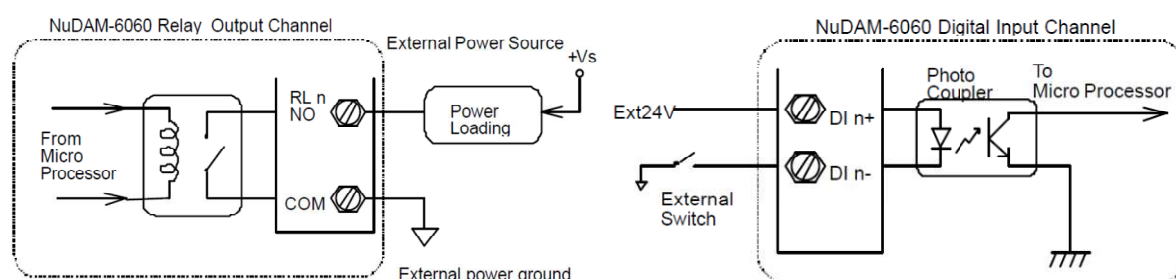
Řešený příklad

Zadání: Navrhněte sepnutí výkonové AC zátěže - motoru.

Řešení: Pro ovládání 3fázového motoru bude použit stykač. Navíc – pro zpětnou kontrolu, zda došlo k sepnutí – bude zjišťován stav pomocných kontaktů tohoto stykače.

Součástí schématu nebudou zabezpečovací obvody (tepelná a nadproudová ochrana atp.) – toto je nad rámec tohoto textu. Vlastní stykač – budeme předpokládat použití výkonového – bude ovládán pomocí klasického elektromechanického relé (i když je možné použít např. SSR). Výběr vhodného relé ukážeme na dvou příkladech – modulu distribuovaných DIO (s relé) a pomocí klasické DIO karty se zabudovanými relé a externí desce svorkovnice.

Jako modul distribuovaných vstupů/výstupů (DIO) použijeme NuDAM-6060, který splňuje všechny naše požadavky: obsahuje 4 relé (2 x Form C a 2x Form A) a 4 optoizolované vstupy¹¹ - detail viz *Obr. 3.37*. Budeme tedy navrhovat zapojení s jedním výstupem – zapnutí/vypnutí motoru a jedním vstupem – zjišťování stavu stykače, respektive jeho pomocných kontaktů.



Obr. 3.37 Detail zapojení modulu NuDAM-6060 - reléového výstupu typu Form A a optoizolovaného vstupu ovládaného kontaktem.

Vlastní zapojení využívající reléového výstupu modulu NuDAM-6060, je zachyceno na *Obr. 3.38*. Kontakty relé č.1: CM a NO (Form A) modulu NuDAM-6060 spínají výkonový 3fázový stykač S1, který je napájen ze zdroje U_{PW} 48V. Dioda D plní funkci ochrany kontaktů relé modulu NuDAM-6060 –význam viz dříve v textu. Stykač S1 má mimo trojici výkonových kontaktů také pomocný kontakt K1, jehož stav je snímán optoizolovaným vstupem modulu NuDAM-6060 DI0 – Ext24. Všimněme si, že vývod označený Ext24 je společný pro všechny 4 optoizolované vstupy (DI0-DI3), kterými modul disponuje (v některých situacích to může být omezující, protože musíme ovládat proti zemi). Dále si také všimněme, že tento vývod je připojen místo 24V na napětí 48V a museli jsme vstupní části optoizolačního obvodu předřadit odpor R_p . Odvození jeho hodnoty včetně výkonového dimenzování viz závěr kapitoly 3.1.3 Příklady binárních vstupů.

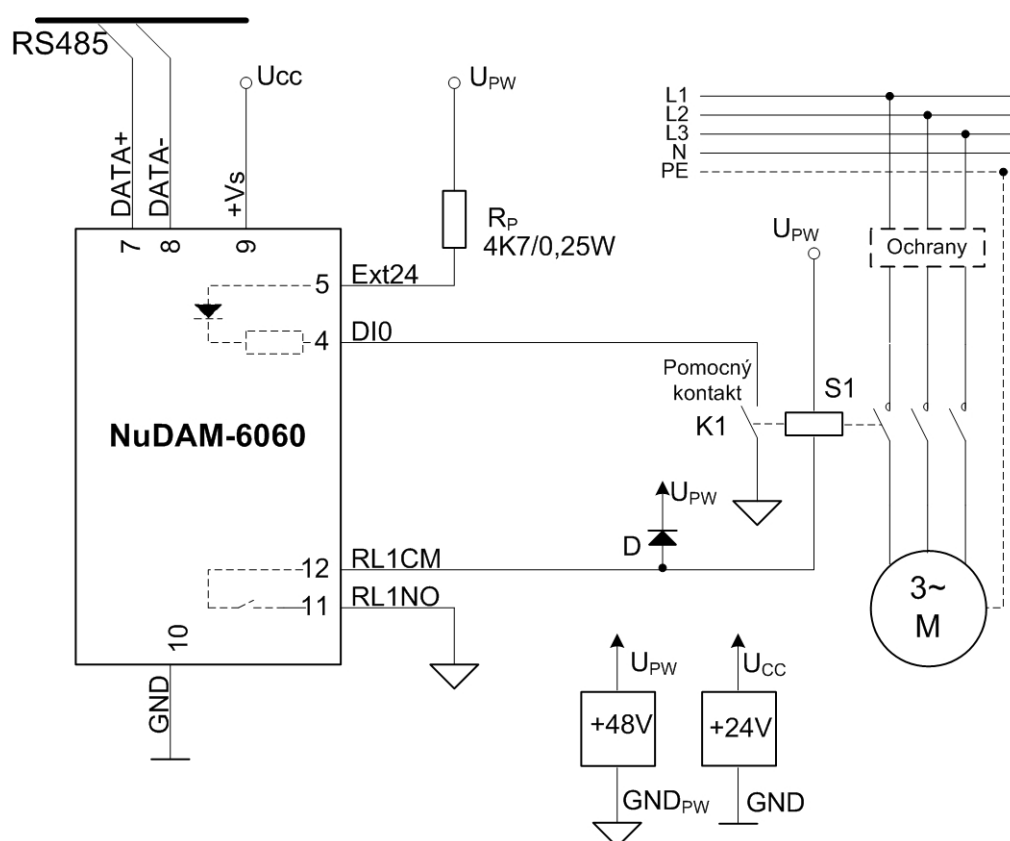


Otázky 3.2.

Proč napájíme obvod optooddělení ze zdroje +48V a ne ze zdroje +24V? Bylo by to přece jednodušší – nemuseli bychom použít předřadný odpor R_p .

(Konec dotazu)

¹¹ S odkazem na podrobný návod zmiňme, že modul NuDAM-6060 má zabudován WDT obvod, který může ovládat zmíněné výstupy (relé) a zajistit tak prvky zabezpečení ovládání motoru (jeho automatické odpojení) v případě závady nadřazeného řídicího systému.



Obr. 3.38 Schéma zapojení pro spínání střídavého 3fázového motoru pomocí 3fázového stykače ovládaného relé z modulu NuDAM-6060.

3.2.6 Program relé

SW Program

Pro praktické seznámení s moduly určenými pro ovládání reléových výstupů je navržen program „NuDAM6060“, který komunikuje s modulem kompatibilním s modulem ADAM-4060. Tento program je součástí laboratorní úlohy.

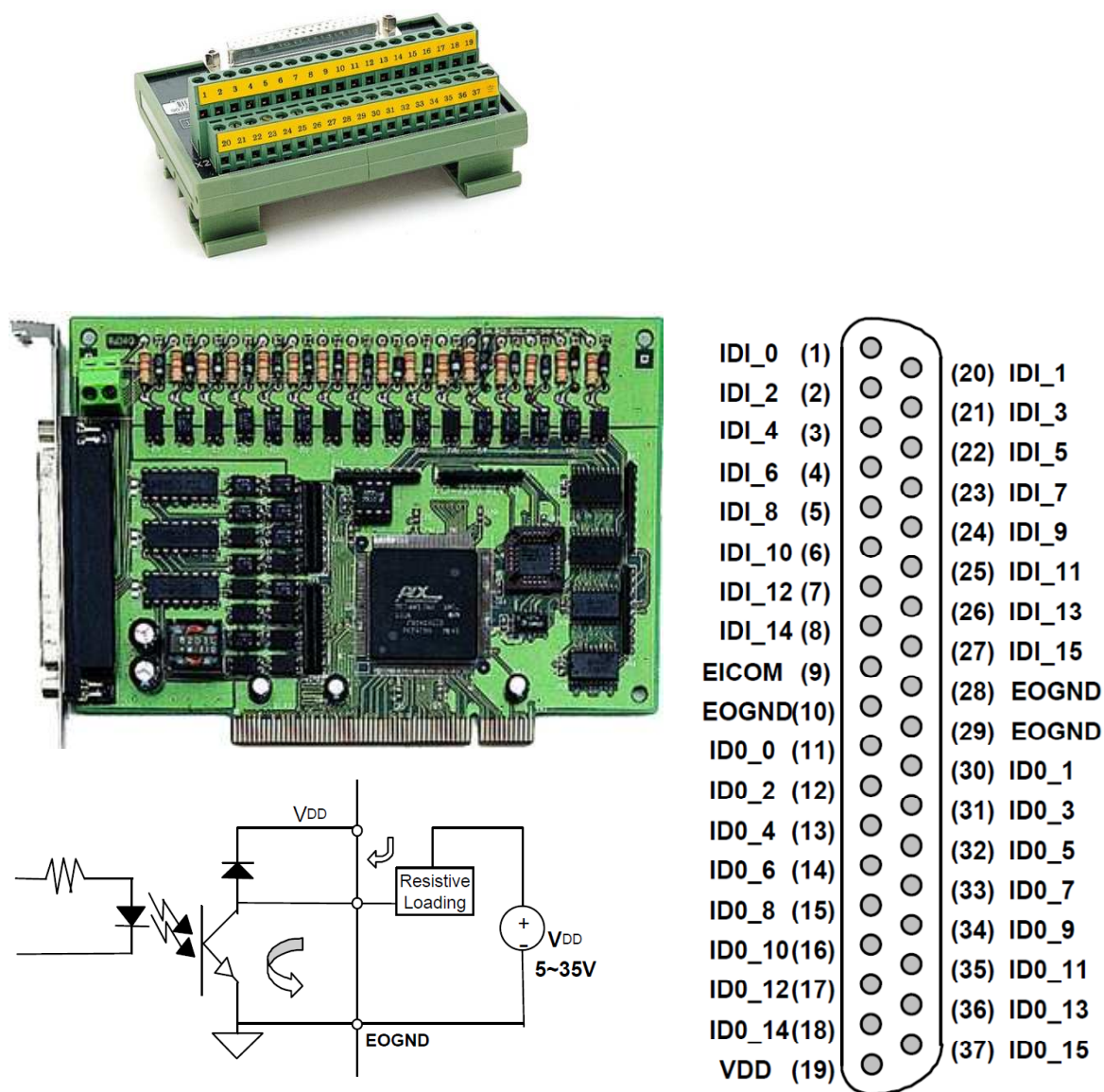


Řešený příklad

Zadání: Generujte logický výstup – napětí 0/xxV. A ovládejte jím optoizolovaný vstup, Použijte/nepoužijte galvanické oddělení.

Řešení: Jedná se o velice častý případ z praxe, kdy potřebujeme ovládat logický vstup nějakého modulu/zařízení. Předpokládejme ovládání vstupu Enable jednotky ADS 50/10. Tato jednotka je určena pro řízení stejnosměrných DC motorů s permanentními magnety a výkony v rozsahu 80 – 150 W [13]. Vstupní hodnota signálu Enable log1 je 4 - + 50 V. Log0,

odpovídající stavu Disable, je v rozsahu 0-2,5V. Potřebujeme tedy zajistit tyto logické výstupy. Dále předpokládáme, že jednotka ADS je napájena a ovládána z jiného zařízení – není zde tedy zakresleno. Využijeme zde ale její vlastnosti, že na svých výstupech 10 a 11 svorkovnice označené „Signal“ poskytuje napětí +12V (respektive -12V). Napětí +12V, spínané optoizolovaným výstupem karty PCI-7230, použijeme jako log1 k ovládání vstupu Enable. Dodejme, že ke kartě PCI-7230 potřebujeme ještě montážní desku – externí svorkovnici. Výrobce doporučuje např. modul DIN-37D, jehož součástí je také propojovací kabel ACL-10137-1.



DO circuit of PCI-7230, PCI-7234, and cPCI-7230

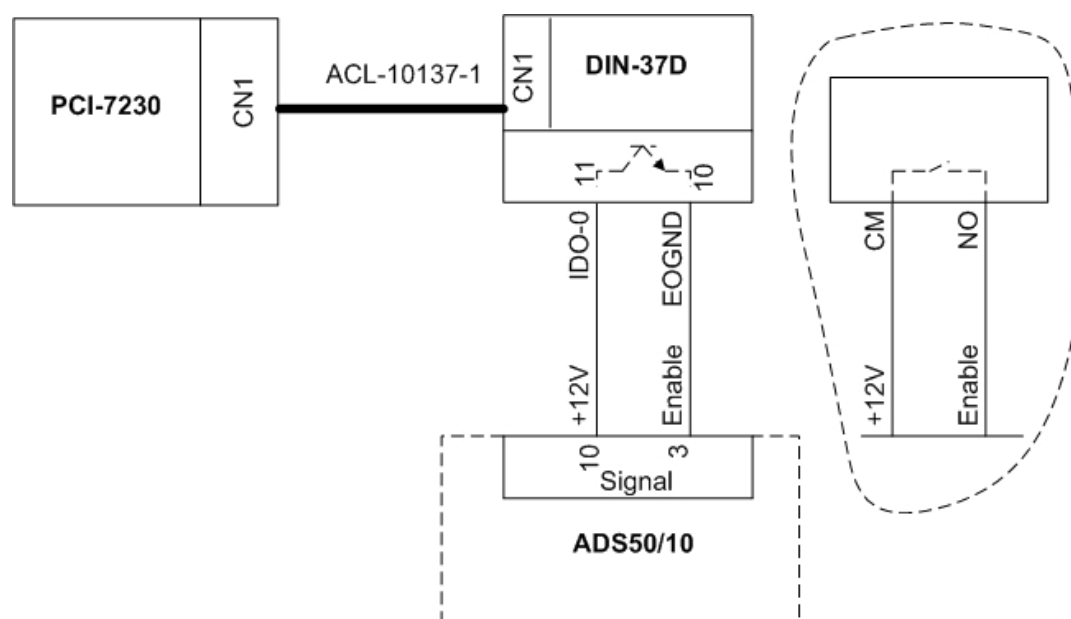
Obr. 3.39 Detail zapojení optoizolovaného DO karty PCI-7230 a konektoru. Uvedená karta má 16 DO, všechny mají společný vývod EOGND. Nahoře montážní deska – svorkovnice. (<http://www.nudaq.com/download/PCI-7230/P723X%20Manual.PDF>)

Schéma zapojení je znázorněno na Obr. 3.40. Ovládaný modul ADS50/10 je zakreslen čárkovaně z důvodu, že zde nejsou zachyceny jeho další vývody – napájení, motor, zadávání žádané hodnoty rychlosti. **Navržené zapojení má jednu nevýhodu** – všechny optoizolované

výstupy karty PCI-7230 mají jeden společný vývod „EOGND“. Ten je zde použit k přivedení log1 na vstup Enable jednotky ADS50/10. To znamená, že zbylých 15 DO nemůžeme již použít (k ovládání). V tomto případě by bylo vhodnější jednoduše použít reléového výstupu (Form A), který by přiváděl napětí +12V na vstup Enable.

Tedy zapojení používající relé by bylo následující:

kontakt relé NO propojit s vývodem Enable jednotky ADS50/10 a kontakt relé CM propojit s pomocným napětím na vývodu +12V jednotky ADS50/10 – signály viz Obr. 3.40 vpravo.



Obr. 3.40 Schéma zapojení pro ovládání logického vstupu Enable desky rychlostního řízení pohonu ADS50-10 (Maxon) DIO kartou PCI-7230 (Adlink). (Na pravé straně varianta s ovládáním pomocí relé – viz text).



Úlohy k řešení 3.2.

Zkuste navrhnout vlastní jiné řešení tohoto zadání. Např. založené na použití modulu SSR řady opto22 (ODC5, ODC24,..)

3.3 Čítačové vstupy a výstupy

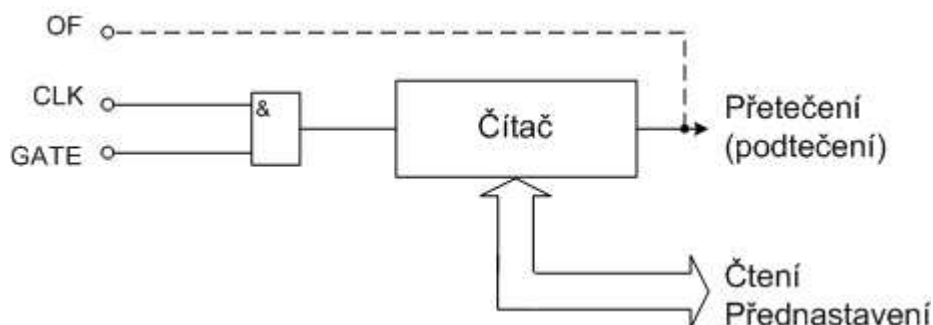


Výklad

Čítače a časovače jsou dalším představitelem binárních vstupů a výstupů, mají však podstatně komplexnější charakter. Zde předpokládáme hardwarové čítače a časovače.

Čítač (counter), slouží k počítání pulsů přicházejících např. ze senzoru. Zpravidla je možno také určit, na jakou část pulsu má čítač reagovat – čelo, nebo tyl. Čítač je také charakterizován svou kapacitou, respektive počtem bitů. Tato kapacita určuje, do jak velkého čísla může počítat, respektive inkrementovat svůj obsah o jedničku (ten nemusí být nutně na

počátku nulový). Při překročení maximální kapacity čítače – jak už bylo řečeno, je dána počtem bitů – dojde k jeho tzv. „přetečení“. Toto přetečení způsobí vynulování čítače (ten začíná čítat opět od nuly). Vlastní přetečení (jedná se o HW signál) může být dále přivedeno (připojeno) na čítací vstup dalšího čítače. Tímto způsobem je možné čítače tzv. řetězit (zapojit do kaskády) a zvyšovat tak jejich celkovou kapacitu. Např. zapojením dvou 16bitových čítačů – každý o kapacitě $2^{16}=65536^{12}$, získáme kapacitu $2^{32}=4294967296 = (4,29.10^9)$ atd.



Obr. 3.41 Blokové schéma zapojení čítače – „counteru“.

V předchozím textu byl – pro jednoduchost výkladu – uvažován pouze čítač čítající nahoru – inkrementující. Čítače také mohou čítat směrem dolů, tedy „odčítají“, respektive dekrementují svůj obsah o jedničku. Zde při dosažení hodnoty nula a dalšího dekrementu dojde k tzv. podtečení čítače a čítač se nastaví na hodnotu 2^n , kde n je jeho počet bitů. Obsah čítače je také možno číst – tedy zjišťovat jeho obsah a také je ho možno přednastavit na nějakou hodnotu. Např. požadujeme, aby po načítání 1000 pulsů (vnějších událostí) došlo k jeho přetečení. Jeho obsah tedy nastavíme (přednastavíme) na $2^n - 1000 =$ (pro 16bitový čítač) 64536. Na přetečení mohou totiž reagovat další podpůrné obvody, jako např. nastavení vybraného binárního výstupu, generování přerušení atd.

Čítač je v zásadě možno použít pro čítání/odčítání pulsů. Přivedeme-li pulzní signál na vstup CLK – viz Obr. 3.41, tak po dobu „otevření“ součinového hradla – signálem log1 čítač bude načítat vstupní pulzy. Tímto způsobem můžeme přímo měřit kmitočet vstupního signálu na vstupu CLK. Ten je – v případě trvání log1 na vstupu Gate jednu sekundu – přímo v hertzech.

Druhý způsob použití je založen na měření doby pulsu. V tomto případě na vstup CLK je přiveden pulsní signál o známém kmitočtu – zpravidla bývá součástí dané měřicí karty. Na vstup Gate je přiveden signál, u kterého chceme měřit délku jeho pulsu. Např. když na vstup CLK přivedeme signál 1MHz, tak měříme délku pulsu v mikrosekundách.

Při rozhodnutí, zda použijeme kartu s čítačem/časovačem, nebo modul, musíme vycházet z toho, jakou a jak rychlou odezvu budeme potřebovat. V případě měřicí karty (instalované v počítači) problém nebude. U externího modulu – např. z řady ADAM-4080, NuDAM-7080 atd. musíme vzít v úvahu, že případná odezva na událost přetečení – dáno komunikací po sériové sběrnici – bude delší. Také jsme zde – zpravidla – omezení možností

¹² Protože je počítáno i s nulou, maximální obsažené číslo je 65535 ! Celkem 65536 hodnot.

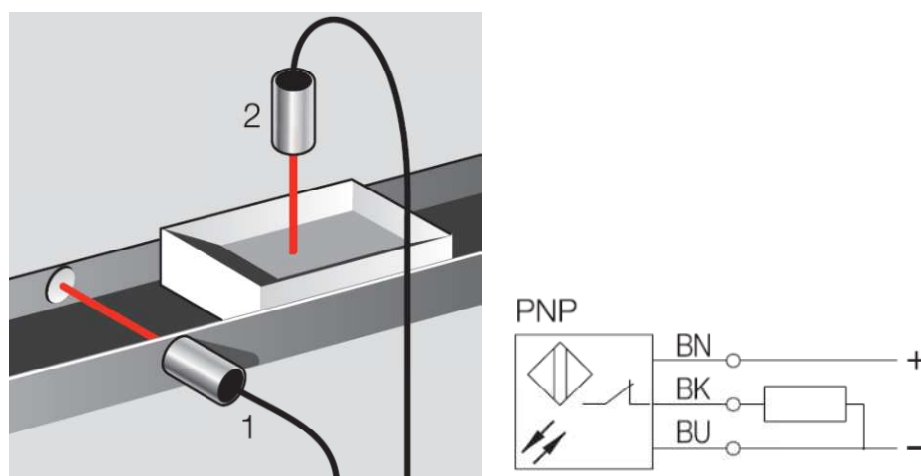
čítače řadit do kaskády, kapacitou čítače a maximální vstupní frekvencí. Rovněž možnosti nastavení těchto modulů nejsou tak bohaté, jako u řešení na bázi karet.

Časovač (timer) slouží ke generování pulzního signálu, kterým může být ovládán další subsystém. Může se např. jednat o generování PWM signálu, řízení otáček/polohy pohonu s krokovým motorem, případně pouze generovat signál o určitém kmitočtu. Obvodové zapojení je v podstatě opačné než u čítače – výstupem je zde vývod označený na Obr. 3.41 „OF“, nebo též Out.



Řešený příklad

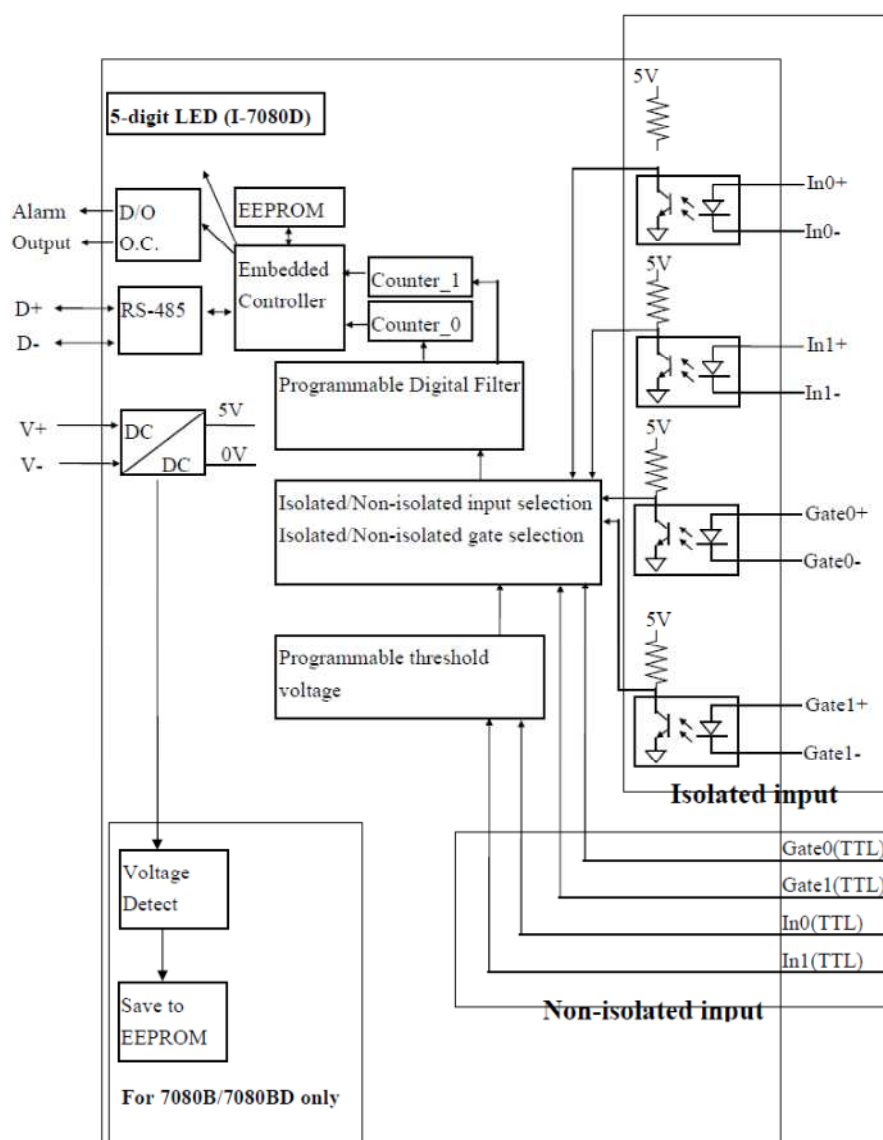
Zadání: Pomocí optické závory počítejme počet výrobků na dopravním páse a vizuálně signalizujte načítání určitého (zvoleného) počtu.



Obr. 3.42 BOS 08M-PO-PR10-03 PNP Spínání na světlo.

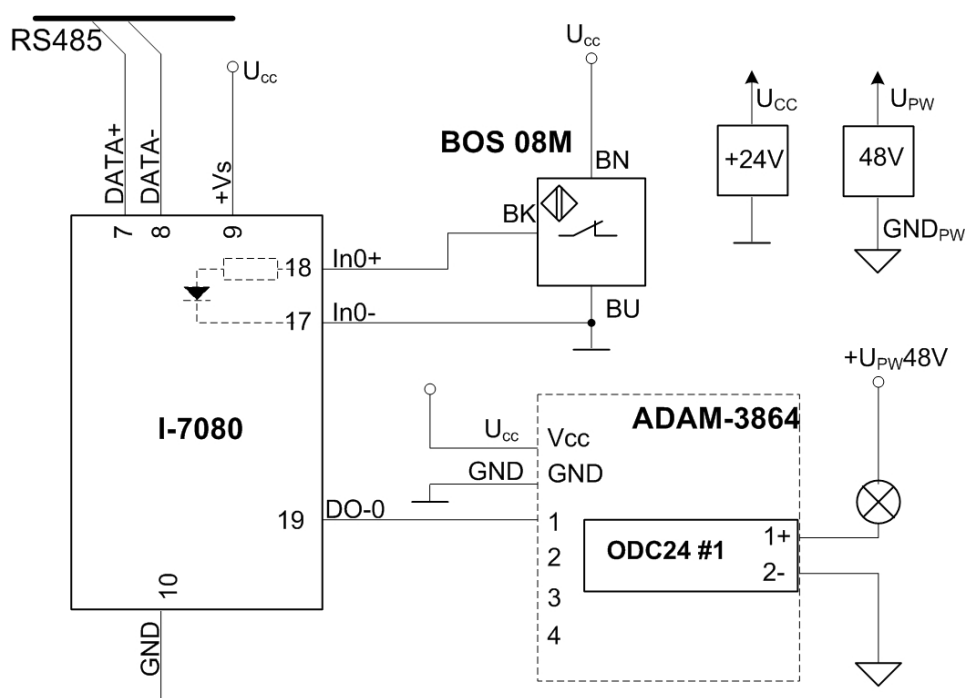
Řešení: Jedná se o velice častý případ z praxe, kdy potřebujeme počítat (měřit) pulzní signál představovaný detekcí předmětu (polohy) vhodným senzorem. Zde použijeme optoelektronický senzor - reflexní optickou závoru BOS 08M-P0-PR10-03 PNP, výrobce Balluff. Zvolený typ rozpíná na „světlo“, tedy je sepnut, v případě, že je světelný paprsek přerušen. Výstup tohoto senzoru připojíme na čítačový vstup. Vzhledem k jednoduchosti a nízkým nárokům na vstupní kmitočet zvolíme modul distribuovaných DIO – např. I-7080 (výrobce ICP_DAS). Použitím tohoto modulu také vyřešíme problém napěťových úrovní mezi senzorem a vstupem čítače, který bychom museli řešit v případě použití zásuvné PC karty s čítačovým(i) vstupem. Ty totiž bývají – zpravidla – v úrovních TTL.

Zvolený modul I-7080 má tyto parametry: dva nezávislé přednastavitelné 32bitové čítače, optoizolované (log0: 0-1V, log1 3,5-30V) /neizolované vstupy, funkce časovače, nastavitelný alarm. Tento alarm – výstup D/O viz Obr. 3.43 představuje logický výstup, který se po načítání určité hodnoty automaticky nastaví (na danou logickou úroveň). Tuto vlastnost využijeme pro optickou vizualizaci načítání určitého počtu tím, že tímto výstupem sepneme informační kontrolku (žárovku). Modul I-7080 umožňuje také – v rámci konfigurace – potlačit vliv řídicího vstupu gate, takže ho zde nebudeme ošetřovat (čítač bude tedy trvale čítat).



Obr. 3.43 Blokové schéma zapojení I-7080 – modulu čítačů.

Popis zapojení – výstup optozávory BOS 08 (vodič BK) je přiveden na otoizolovaný vstup čítače č.0 In0+ modulu i-7080 – viz Obr. 3.44. Druhá část optoizolovaného vstupu je připojena na zem (GND). Výstup alarmu DO-0 je typu otevřený kolektor, ale má maximální proudovou zatížitelnost 30mA, což je nedostatečné pro spínání vizualizačního světla. Proto je tímto výstupem spínáno SSR – modul ODC24, který je osazen v montážní desce ADAM-3864 (nebo obdobné). Všimněme si, že modul I-7080 i senzor BOS 08M jsou napájeny ze stejného zdroje napětí. Není zde tedy realizováno důsledné optooddělení ale pouze přizpůsobení logických úrovní.

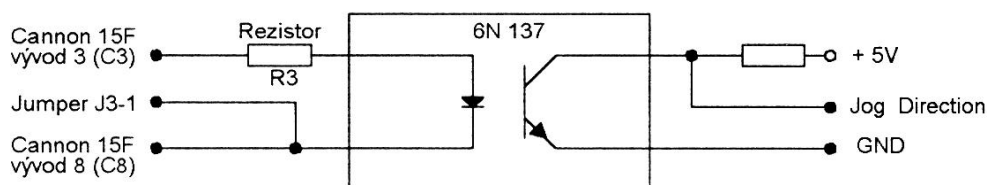


Obr. 3.44 Schéma zapojení pro čítání pulsů senzoru BOS 08M a spínání vizualizačního světla.



Řešený příklad

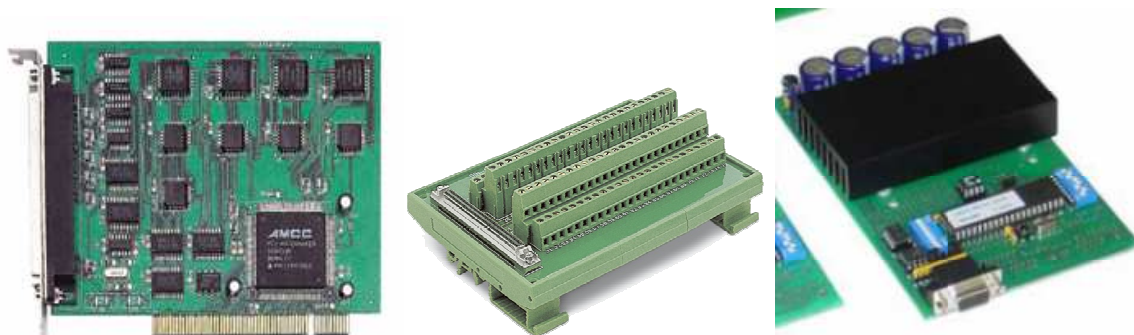
Zadání: Ovládejte krokový motor. Pro modul řízení krokového motoru SD30 generujte kmitočet, který bude představovat krokovací frekvenci. Další signál, který je potřeba generovat je logický výstup ovlivňující směr otáčení motoru. Modul řízení tedy obsahuje seqencer s dvěma vstupy: pulsy a směr. Všechny signály jsou optoizolované se vstupním rozsahem 0/24V, nebo volitelně 0/5V.



Obr. 3.45 Zapojení optoizolovaného vstupu „Dir“ – směr (piny C3 a C8), modulu SD30 – výrobce Microcom. Otoizolované vstupu „Pulsy“ mají čísla pinů C4 a C9.

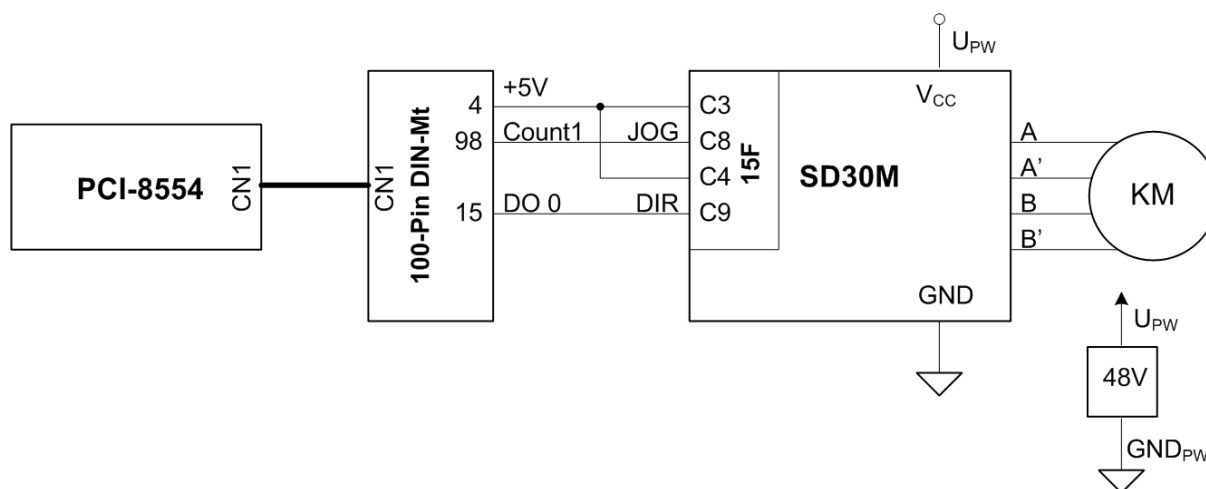
Řešení: Pomocí karty čítačů/časovačů PCI-8554 budeme generovat pulzní signál, který přivedeme na vstup pulsy modulu SD30 – viz Obr. 3.47. Logický signál směr – „Dir“ budeme generovat jedním z osmi binárních (DO) výstupů této karty. Všechny signály karty PCI-8554 jsou typu TTL. Z tohoto důvodu využijeme možnosti desky SD30 pracovat se vstupními úrovněmi na svých optoizolovaných vstupech 0/5V (podrobnosti viz manuál desky). Napájení optoizolovaných vstupů bude poskytnuto kartou PCI-8554 (výstup označený

+5V). Log 0 na výstupu karty tedy aktivuje optoizolovaný vstup desky SD30 – na katodu diody optomodulu 6N137 (viz Obr. 3.45) je přivedena log0, zatímco anoda (plus předřadný odpor) je trvale připojena na +5V karty PCI-8554. Mezi kartu a modul SD30 musíme ještě zařadit externí montážní desku – svorkovnici, určenou pro kartu PCI-8554. Např. použijeme 100-Pin DIN-Mt s 100pinovým SCSI konektorem (ten má také karta PCI-8554).



Obr. 3.46 Karta čítačů a časovačů PCI-8554 a externí svorkovnice. Vpravo modul řízení krokového motoru SD30.

Modul SD30 je napájen ze zdroje 48V a krokový motor – bipolární 2fázový, respektive jeho fáze jsou připojeny na svorky A-A' a B-B' výkonového stupně. Protože karta PCI-8554 dokáže programově měnit výstupní kmitočet generovaný vnitřními časovači, můžeme měnit krokovací frekvenci (otáčky). Počtu vyslaných pulsů odpovídá počet kroků – poloha. Motor lze tedy provozovat jak v Start-stop části jeho momentové charakteristiky, tak i v oblasti kontrolovaného zrychlení.



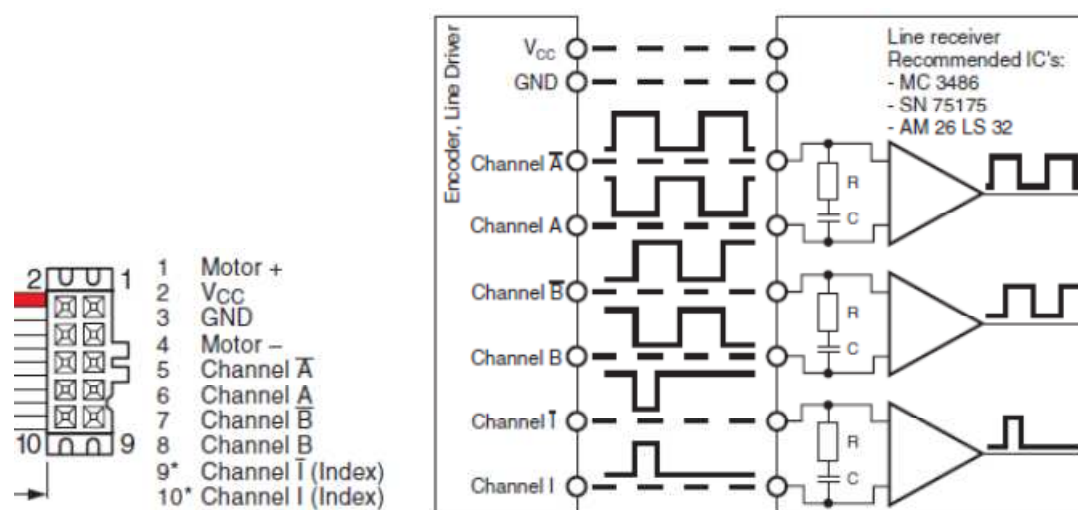
Obr. 3.47 Schéma zapojení řízení krokového motoru pomocí modulu SD30 (Microcon), ovládaného signály pulsy – JOG a směr otáčení – DIR karty PCI-8554 (Adlink).



Řešený příklad

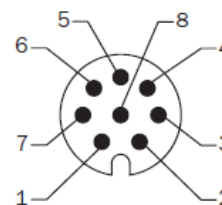
Zadání: Měřte otáčky motoru. Motor je vybaven inkrementálním senzorem. Připojte tento senzor do řídicího systému a řiďte otáčky motoru prostřednictvím PWM signálu přivedeným na PWM vstup jeho řídicí jednotky. V návrhu zohledněte požadavek na vysokou frekvenci akčních zásahů – jedná se o rychlý víceosý systém, cca 100Hz a podporu zvýšení

rozlišení inkrementálního senzoru dekódováním v režimu X4. Jako inkrementální senzor je použit 3kanálový DKS40 s 256 pulsy/otáčku a rozdílovými TTL výstupy. Napájení senzoru je +5V, zapojení viz Obr. 3.49 a [20].



Obr. 3.48 Zapojení konektoru a propojovací schéma inkrementálního senzoru Maxon MR 228177.

8-Pin, M12 connector	Core colour	Signal OC	Signal TTL, HTL	Explanation
1	Brown	N. C. ³⁾	$\bar{A}$	Signal line
2	White	A	A	Signal line
3	Black	N. C. ³⁾	$\bar{B}$	Signal line
4	Pink	B	B	Signal line
5	Yellow	N. C. ³⁾	$\bar{Z}$	Signal line
6	Lilac	Z	Z	Signal line
7	Blue	GND	GND	Ground connection
8	Red	+U _S	+U _S	Power supply ¹⁾

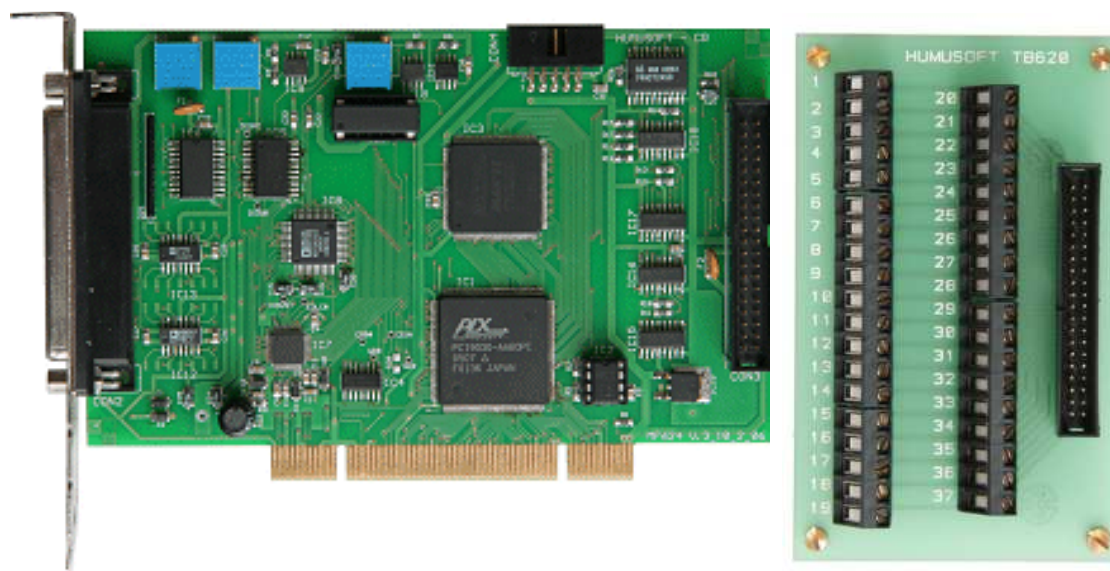


Obr. 3.49 Zapojení konektoru inkrementálního senzoru Sick/Stegmann DKS40.

Řešení: Ze zadání plyne, že systém má být schopen provádět dekódování kvadrurního signálu inkrementálního senzoru otáček (polohy) IRC v režimu X4 (4násobné zvýšení rozlišení počtu pulsů na otáčku) a akční zásahy v řádu stovek hertz. Nemůžeme zde tedy použít modulů distribuovaných vstupů a výstupů s ohledem na jejich nižší přenosovou rychlost. Použijeme zde tedy řešení založené na zásuvné kartě obsahující kvadrurní dekodér (dekodéry) a časovače – pro generování PWM signálu každé osy. (Další možností by bylo použití specializované karty přímo určené pro řízení pohonů, i víceosých.). Zvolme dostupnou kartu MF624 českého výrobce Humusoft, která mimo AIO a DIO disponuje 4 vstupy inkrementálních snímačů (SE nebo DIFF) a příslušnými kvadrurními dekodéry i v X4 režimu, dále obsahuje čtyři¹³ 32bitové čítače/časovače, vše na úrovních TTL. Splňuje tedy

¹³ Pátý časovač je používán vnitřními obvody karty – podrobnosti viz manuál.

naše požadavky – zvládne zpracovat až 4 osy. Jako dceřinou desku – svorkovnici – použijeme k ní určenou TB620 – viz *Obr. 3.50* a signálový popis konektoru *Obr. 3.51*.



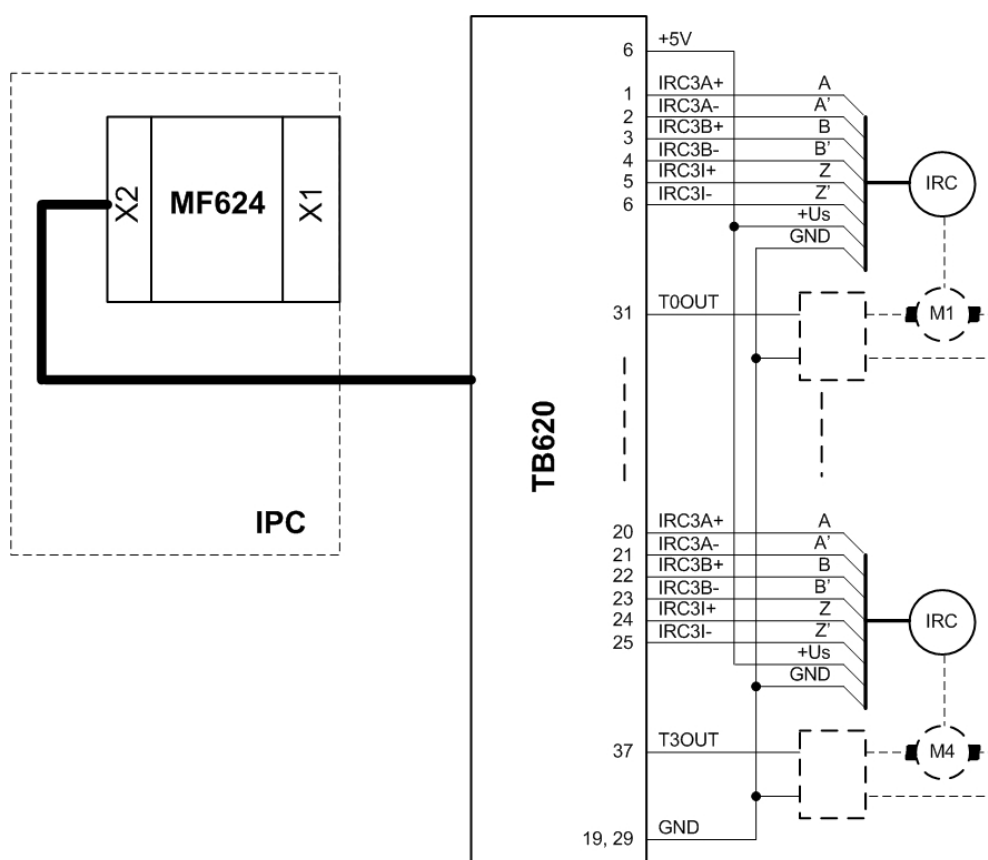
Obr. 3.50 Karta MF624 a svorkovnice TB620 výrobce Humusoft. V čele karty je X1 a v zadu X2 konektor.

IRC0A+	1	20	IRC3A+
IRC0A-	2	21	IRC3A-
IRC0B+	3	22	IRC3B+
IRC0B-	4	23	IRC3B-
IRC0I+	5	24	IRC3I+
IRC0I-	6	25	IRC3I-
IRC1A+	7	26	TRIG
IRC1A-	8	27	
IRC1B+	9	28	+5V
IRC1B-	10	29	GND
IRC1I+	11	30	T0IN
IRC1I-	12	31	T0OUT
IRC2A+	13	32	T1IN
IRC2A-	14	33	T1OUT
IRC2B+	15	34	T2IN
IRC2B-	16	35	T2OUT
IRC2I+	17	36	T3IN
IRC2I-	18	37	T3OUT
GND	19		

Obr. 3.51 Zapojení konektoru X2 karty MF624.(Jedná se o výstupní konektor redukce.)

Popis zapojení:

Jednotlivé kanály IRC senzoru jsou k dispozici v rozdílovém tvaru (A-A', atd.). Připojeny jsou vždy na příslušné vstupy kvadrurního dekodéru na kartě MF624, respektive předřazené svorkovnice TB620. Kvadrurní signály jsou A a B, nulový puls je označen Z. Ve schématu jsou zakresleny první a čtvrtý senzor. Řídicí jednotka motoru – označena čárkovaně – je ovládána pulzním signálem (PWM), generovaným kartou na výstupu TnOUT, kde n je číslo časovače. Karta MF624 obsahuje ještě analogové vstupy a výstupy (AIO) a digitální vstupy a výstupy (DIO). Tyto signály jsou vyvedeny na konektoru X1 a je možné je v aplikaci také použít. Bližší informace, včetně SW podpory karty MF624 lze nalézt na stránkách výrobce Humusoft.



Obr. 3.52 Napojení až 4 inkrementálních senzorů na kartu MF624 a řízení motorů pomocí PWM (kresleno čárkovaně). TB620 – svorkovnice, kabel je součástí dodávky.

**Úlohy k řešení 3.3.**

Upravte výše uvedené zapojení pro připojení inkrementálních senzorů, které nemají rozdílové (diferenciální) výstupní signály ale pouze se společnou zemí (SE). Prostudujte manuál karty MF624.



Shrnutí pojmů 3.1.

- Binární vstupy řídicího systému slouží ke čtení stavu dvouhodnotových signálů senzorů řízeného objektu, jako jsou spínače/kontakty, senzory polohy, teploty, pomocné kontakty relé, stykačů apod.
- Jejich hodnota se označuje jako log1/log0.
- Binární vstupy a výstupy se také označují jako DI a DO, společně pak DIO.
- Mezi nejjednodušší binární vstupy/výstupy patří tzv. vstupy s úrovní TTL, z důvodu nízké odolnosti a zatížitelnosti nejsou ale vhodné do průmyslového prostředí.
- Proto se používá optooddělení/optoizolace/izolace (tyto termíny se zde často zaměňují).
- Optoizolované mohou být jak binární vstupy, tak i výstupy.
- Typy připojení kontaktů na binární vstup jsou Wet a Dry kontakt.
- Pro připojení binárních vstupů/výstupů se používá u karet externí desky – svorkovnice. Ty mohou být aktivní/pasivní.
- Pro přizpůsobení vstupů/výstupů se používají příslušné moduly.
- Typ reléového výstupu je Form A, Form B a Form C.
- Spínání indukční zátěže napájené stejnosměrným napětím má svá specifika.
- Čítač (counter), slouží k počítání pulsů přicházejících např. ze senzoru.
- Časovač (timer) slouží ke generování pulzního signálu.
- Čítač/časovač je charakterizován počtem bitů, většinou 16 a 32 a je možné je tzv. řetězit.



Otázky 3.3.

1. Jaký význam má optoizolovaný vstup?
2. Jaký je princip a typické zapojení optoizolovaného vstupu?
3. Jaké logické úrovně má logický TTL vstup? Proč je zde zakázané pásmo?
4. Co je to výstup typu otevřený kolektor? Jakého typu nejčastěji bývá?
5. Jak se označují kontakty relé? Co znamená označení relé Form A, B a C?
6. O jaké další parametry reléových výstupů je potřeba se zajímat a proč?
7. Jakými parametry jsou binární výstupy charakterizovány?

8. Proč používáme externí (dceřiné) desky? Proč někdy obsahují pouze svorkovnici a někdy navíc i aktivní prvky (elektroniku)?
9. K čemu je určen modul ODC24? K čemu modul OAC24?
10. Jaký je rozdíl mezi modulem ODC5 a ODC24?
11. Co je potřeba učinit, když na optoizolovaný logický vstup hodláme připojovat vyšší napětí než jmenovité?
12. Jaký význam má u některých binárních vstupů RC člen?
13. Co znamená údaj u karty/modulu 96DIO?
14. Jaký je možný způsob zjištění, zda kontakt stykače sepnul?
15. Jak je také možno monitorovat přítomnost určitého napájecího napětí – stejnosměrného, nebo střídavého?
16. Jaký problém nese spínání indukční zátěže z pohledu spínacích obvodů – otevřený kolektor, relé? Jak se řeší?
17. Jaký je rozdíl mezi čítačem a časovačem?
18. Předpokládejme, že pomocí čítače potřebujeme měřit délku pulsu. Co musíme zohlednit při volbě kmitočtu (hodinového kmitočtu) přivedeného na vstup CLK?
19. Jaký význam má kaskádové zapojení čítačů?
20. Co je to přetečení čítače? K čemu se využívá?
21. Co znamená, že čítač/časovač je přednastavitelný?
22. Kolika bitový čítač musíme použít, chceme-li jím po dobu 10 sekund čítat pulsní signál o frekvenci 2,54 MHz?

4 ANALOGOVÉ VSTUPY A VÝSTUPY



Čas ke studiu: 12 hodin



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

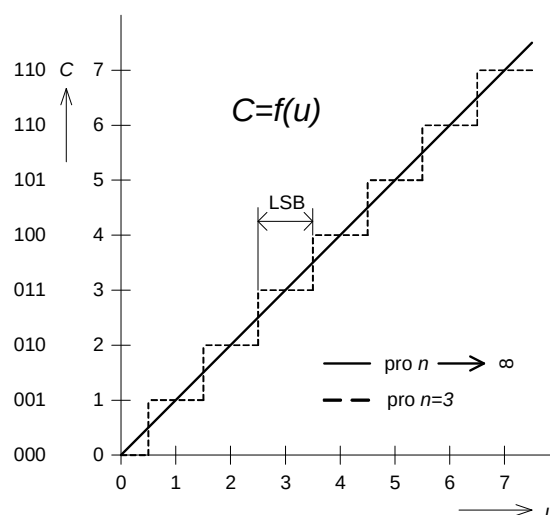
-  Popsat základní typy A/D převodníků a jejich vlastnosti
-  Orientovat se v názvosloví a základních parametrech
-  Definovat některé požadavky na výběr vhodného typu z pohledu aplikace
-  Navrhnout zapojení a specifikovat technické prostředky pro komunikaci IPC s analogovým okolím (senzory a akčními členy).

4.1 Analogové vstupy



Výklad

Pro převod signálů senzorů s analogovým výstupem (ten může být napěťový nebo proudový) do číslicové podoby se používají analogově/digitální (A/D) převodníky. A/D převodníky bývají realizovány nejčastěji formou PC karet, popřípadě ve speciálních případech (zpracování nízkourovňových signálů apod.) jako vnější měřicí moduly. Další (běžnou) možností jsou distribuované A/D moduly. Mezi typické senzory s analogovým výstupem, nebo s převodem na analogový signál patří: termočlánky, odporové teploměry, senzory osvětlení, senzory plynů, kapalin, akcelerometry, inklinometry, senzory polohy, tlaku, tenzometry (můstková měření), bezkontaktní senzory měření vzdálenosti a celá řada dalších.



Obr. 4.1 Převodní charakteristika A/D převodníku (s unipolárním vstupním rozsahem).

Vstupní signál A/D převodníku bývá bipolární nebo unipolární napěťový, nebo méně často proudový. Vlastnímu A/D převodníku bývá předřazen analogový multiplexor, pomocí něhož lze (postupně) snímat/digitalizovat signál na více vstupech. Běžnou součástí A/D převodníku bývá též zesilovač umožňující zpracovat i nízkoúrovňové signály, antialiasingový filtr a vzorkovací obvod. Vstupní část A/D převodníku, tj. ta část, které je galvanicky spojena s čidlem, může být od dalších částí A/D převodníku ve speciálních případech galvanicky oddělena pomocí optooddělení.

Mezi základní statické parametry patří¹⁴: [21]:

- rozsah a typ vstupu – unipolární/bipolární,
- integrální a diferenciální nelinearita (integral – *INL*, differential nonlinearity – *DNL*),
- rozlišení převodníku (resolution),
- přesnost (accuracy),
- chyba monotónnosti,
- chyba nastavení nuly (offset error),
- hystereze a další.

K hlavním dynamickým parametrům patří

- odstup signál-šum (signal to noise ratio - *SNR*),
- efektivní počet bitů (effective number of bits - *ENOB*),
- harmonické zkreslení (total harmonic distortion - *THD*),
- odstup signál-šum a zkreslení (signal to noise and distortion - *SINAD*),
- dynamický rozsah bez parazitních složek (spurious free dynamic range - *SFDR*),
- krátké přechodové špičky (glitches),

¹⁴ U A/D převodníků určených pro přesná laboratorní měření bývají uváděny ještě další parametry, jako diferenciální nelinearita, relativní přesnost, absolutní přesnost, atd. Tyto parametry uvádí firma National Instruments u svých převodníků.

- šum - vrcholový, efektivní (noise - rms, peak),
- doba přepnutí a ustálení a další.

Důvodem, proč některé parametry nejsou (zpravidla) uváděny v jednotkách volt (nebo proudu) je, že vyjádření pomocí počtu bitů je obecnější z pohledu na zvolený vstupní rozsah. Jinak řečeno, přesnost vyjádřená v bitech nezávisí na zvoleném vstupním rozsahu, kdežto přesnost vyjádřená v napěťových (proudových) jednotkách ano.

Mějme například A/D převodníkovou kartu PCL-818L s následujícími parametry: rozlišitelnost 12 bitů, nastavený vstupní napěťový rozsah +/- 10V, přesnost a linearita shodně +/- 1bit.

Potom rozlišitelnost vyjádřena ve voltech, respektive hodnotou LSB^{15} bitu:

$$LSB = \frac{rozsah}{2^n - 1} \quad [V]$$

$$LSB = \frac{20000}{2^{12} - 1} = 4,884 \text{ mV}$$

kde n vyjadřuje počet bitů převodníku.

Vyjádřením n – počtu bitů převodníku, získáme důležitý vztah pro určení počtu bitů, který musí A/D převodník mít, aby byl schopen zajistit rozlišení LSB na daném vstupním rozsahu:

$$n = \frac{\log\left(\frac{rozsah}{LSB} + 1\right)}{\log 2} \quad [-]$$

Pro výsledné n musíme vybrat nejbližší vyšší dostupný počet bitů. Tedy – když např. vyjde $n=12,24$, musíme vybrat kartu s rozlišením 14 bitů (13bitová neexistuje...), nebo vyšším.

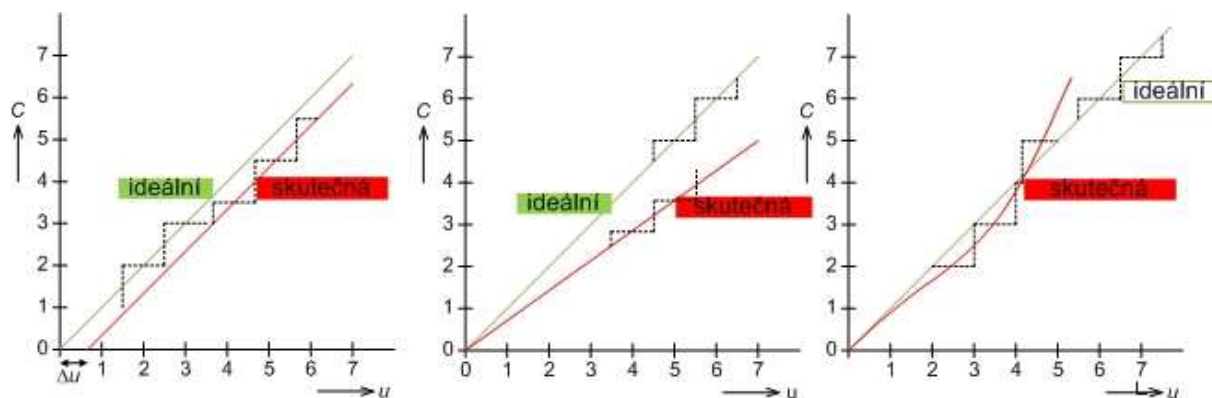
ADC lze dělit podle několika kritérií. Nejčastějším je podle četnosti převodu (conversion rate) nebo také vzorkovacího kmitočtu (sampling frequency) na:

- pomalé – $\Sigma \Delta$, integrační (s jednoduchou, dvojitou a vícenásobnou integrací),
- středně rychlé – s postupnou aproximací (successive approximation - SAR),
- rychlé – paralelní (flash).

¹⁵ Least Significant Bit - nejméně významný bit, bit s nejnižší vahou

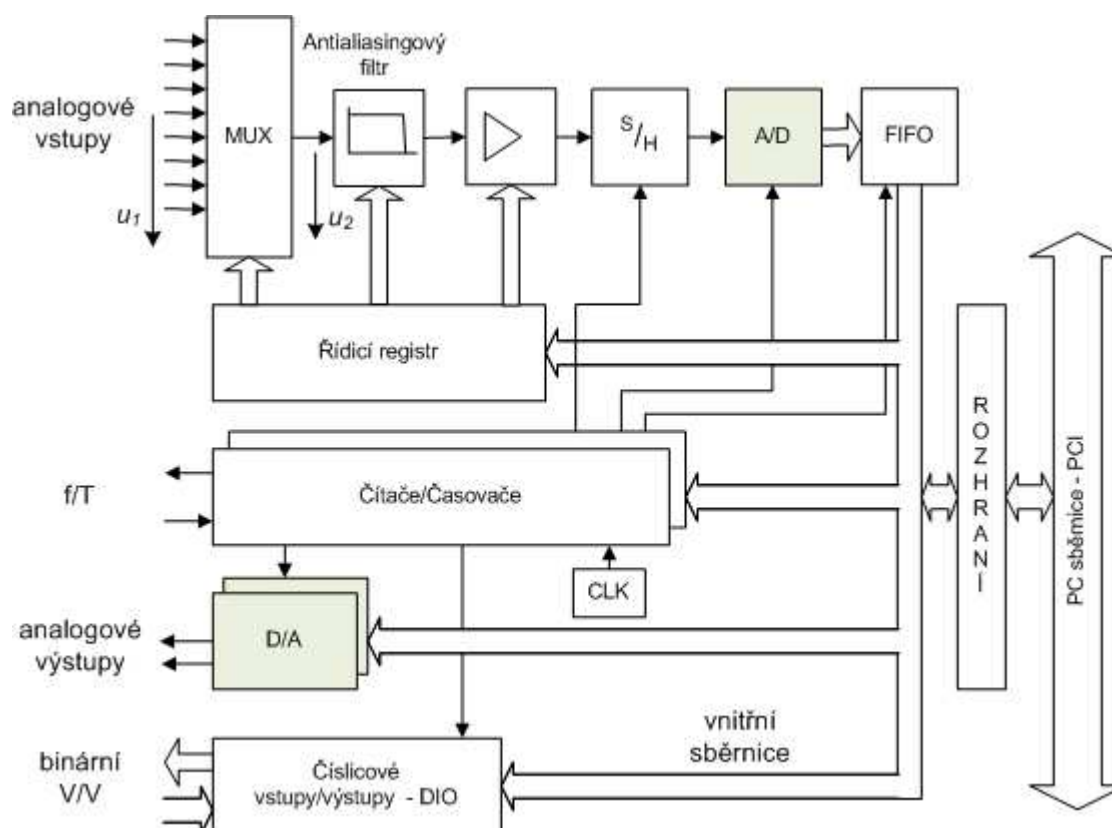
typ převodníku	výhody	nevýhody
$\Sigma \Delta$	vysoká rozlišovací schopnost až 24 bitů jednoduché obvodové řešení nepotřebuje externí S/H obvod díky funkci převzorkování nepotřebuje antialiasingový filtr	nízký vzorkovací kmitočet řádově stovky kHz
integrační	vysoká rozlišovací schopnost až 24 bitů	nízký vzorkovací kmitočet řádově stovky kHz nutnost velkých kapacit v integrátoru - nákladné na výrobu
postupná aproximace	velmi dobrá rozlišovací schopnost až 20 bitů malá plocha čipu – nízká spotřeba	vzorkovací kmitočet řádově jednotky MHz přesnost závislá na přesnosti interního DAC (D/A)
paralelní (komparační)	nejvyšší vzorkovací kmitočet až GHz	nízké rozlišení do 8 bitů při vyšším rozlišení velká plocha čipu – 2^n komparátorů, vysoká spotřeba, vyšší cena

Tab. 4.1 Základní typy převodníků AD – výhody, nevýhody.



Obr. 4.2 Základní chyby A/D převodníků: (zleva) chyba posunu, chyba zisku, nelinearita.

PC karta s A/D převodníkem bývá často kombinována i s D/A převodníkem, dále určitým počtem binárních vstupů a výstupů a časovačem. Taková PC karta se nazývá jako multifunkční (multifunction) a její možné blokové schéma je znázorněno na Obr. 4.3.



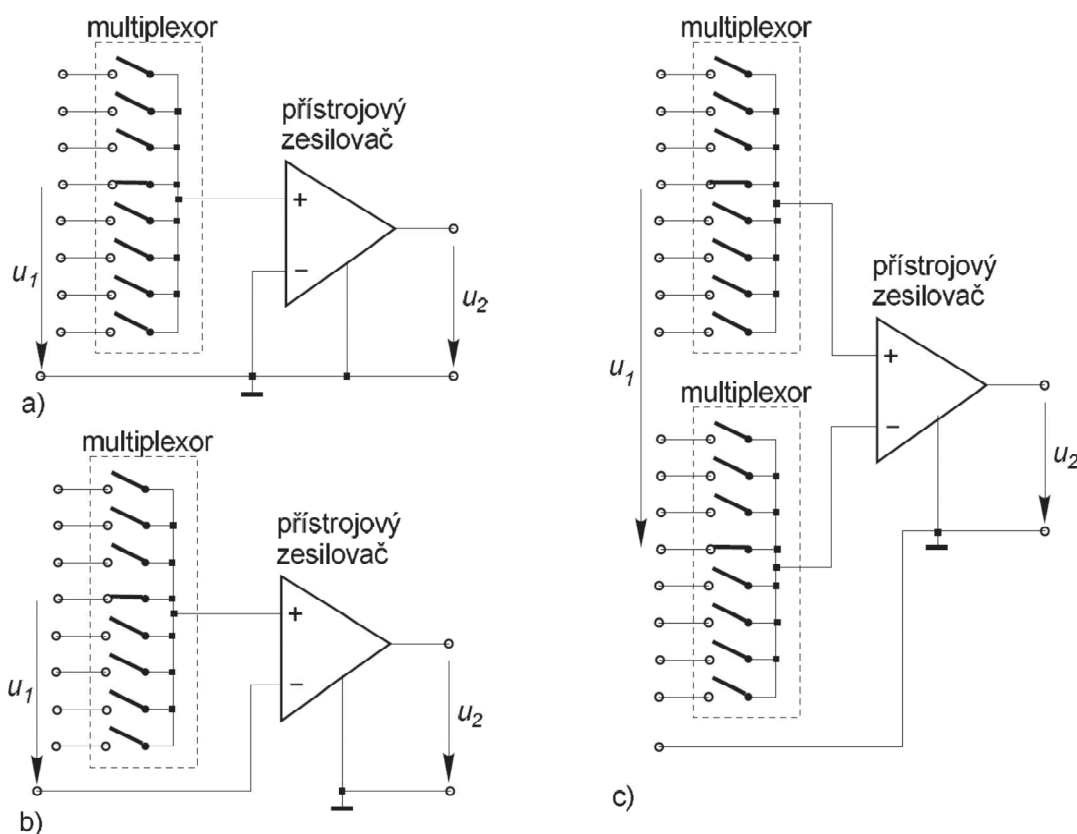
Obr. 4.3 Blokové schéma multifunkční V/V PC karty (A/D, D/A – analogově/číslíkový, číslíkově/analogový převodník; MUX – analogový multiplexor; S/H – vzorkovač; FIFO – vyrovnávací paměť).

Multifunkční karta – jejíž blokové schéma je znázorněno na obrázku výše – tvoří často základní technické vybavení IPC určeného pro sběr dat a řízení. Tyto karty existují v mnoha variantách a nabízejí je všichni významnější výrobci měřicích karet určených do PC. Zpravidla na nich nalezneme všechny základní vstupně/výstupní obvody – binární i analogové. U binárních zpravidla na úrovních TTL (tedy galvanické oddělení a případné zesílení musíme řešit dceřinými deskami) plus zde také patří základní čítače a časovače.

Vstupní obvod analogové části je tvořen symetrickým nebo nesymetrickým (na našem obrázku nesymetrickým) analogovým multiplexorem MUX, což je vlastně vstupní přepínač vstupů. Tedy – kartou můžeme měřit – POSTUPNĚ – více analogových signálů (napětí) připojených na vstupy multiplexoru. Hned na tomto místě poznamenejme, že existují speciální měřicí A/D karty, které jsou osazeny více A/D převodníky a tedy umožňují měřit více signálů SOUČASNĚ.

Výstup z multiplexoru je následně upraven tak, aby frekvenční spektrum signálu neobsahovalo vyšší kmitočtové složky než je polovina vzorkovací frekvence, což odpovídá i Nyquistově frekvenci. Tento modul – jedná se o dolní frekvenční propust – se zde nazývá antialiasingový filtr. Blíže viz odborná literatura týkající se digitalizace analogového signálu apod.

Takto upravený signál je zesílen zesilovačem s nastavitelným zesílením, které může být různé¹⁶ pro každý vstup (s jistými omezeními týkající se rychlosti vzorkování – viz manuál dané karty). Zesílení může být také menší než jedna – to je poměrně užitečné pro měření vyšších napětí než 10V.



Obr. 4.4 Druhy vstupů A/D převodníku a) se společnou zemí SE, b) se společným měřicím bodem NRSE a c) diferenciální DIFF.

Zesílený signál je dále přiveden na vzorkovací obvod S/H – Sample/Hold, což je analogová paměť, která „drží“ aktuální hodnotu měřeného signálu po dobu převodu A/D převodníkem, který přímo následuje.

Výsledek převodu se u jednodušších karet (levnějších) ukládá do příslušného registru (registru) karty, kde si je musí příslušná aplikace přečíst. U lépe vybavených karet, umožňující rychlá měření rozsáhlého bloku vstupních dat, se výsledky A/D převodu ukládají buď do přímo do paměti počítače – pomocí DMA přenosu, nebo do vlastní vyrovnávací paměti instalované na kartě a zde označené jako FIFO. Jedná se o tzv. zásobník „First In-First-Out“.

Analogové vstupy – tedy u A/D karty vstupy multiplexoru – mohou být asymetrické (v literatuře označované jako SE – Single Ended), nebo symetrické (v literatuře označované

¹⁶ Neplatí pro starší typy karet, u kterých se zesílení nastavovalo na kartě ručně pomocí „jumperů“.

DIFF – differential). Asymetrické vstupy měří vstupní signály proti jednomu společnému kontaktu, který, když je spojen se signálovou zemí se nazývá SE. V případě, že tento společný konec není spojen se zemí, tak se nazývá NRSE – viz Obr. 4.4 a) a b). Toto asymetrické zapojení je možno použít v případech:

- vstupní signál má vysokou úroveň (větší než 1V),
- přívody od zdroje analogového signálu jsou krátké (menší než 3m),
- všechny vstupní signály mohou být připojeny na společnou zem.

Zejména u poslední podmínky je potřeba být při konfiguraci velice opatrný – při jejím nedodržení může dojít i k poškození obvodu, v kterém měříme.

Pokud signál nesplňuje výše uvedená kritéria, musíme použít vstup typu DIFF. Ten používá – ke každému měřicímu místu – dva přívody, které mají proti zemi stejnou impedanci – viz Obr. 4.4 c). Měřicí místa tedy mohou být na vzájemně různých potenciálech. Důležitou vlastností tohoto typu vstupu také je, že v případě rušivého napětí, které je přítomné na obou vstupních linkách vstupu vzájemně – v rozdílovém zesilovači – potlačí. Pouze ty nejlevnější měřicí karty mají pouze asymetrické – SE – vstupy. Ostatní karty mají jak nesymetrické (SE), tak i symetrické (DIFF) vstupy. Režim těchto vstupů je možno nastavit jako SE, nebo DIFF. Taková karta má pak nař. 16 SE vstupů nebo 8 DIFF vstupů. Počet vstupů je v zásadě možné rozšířit –

- použitím karty s větším počtem A/D vstupů,
- použitím více karet,
- použitím externího multiplexoru (přepínače měřicích míst).

Dalším parametrem Analogových vstupů A/D karty je, zda jsou unipolární (pouze jedna polarita, respektive rozsah např. 0-5V), nebo bipolární (vstupní signál může mít obě polarity, např. rozsah +/- 10V).

Pro generování analogových signálů (např. regulátor polohy hydraulického válce požaduje zadání žádané polohy v rozsahu 0-10V) bývá součástí multifunkční karty také analogový výstup (výstupy). Existují speciální karty, pouze s D/A výstupy. Karta také bývá vybavena modulem čítačů a časovačů, využitých jednak pro vlastní řízení/ovládání/automatizaci měření analogových signálů pomocí A/D převodníku, tak i pro měření/generování pulzních signálů. Blíže se této tematice věnuje kapitola 3.3 Čítačové vstupy a výstupy.

Konečně bývá multifunkční karta vybavena určitým počtem binárních vstupů a výstupů – DIO. Ty bývají většinou na samostatném konektoru, takže je možné je snadno dovybavit požadovanou dceřinou deskou k zajištění např. funkce optoizolace nebo reléových výstupů.

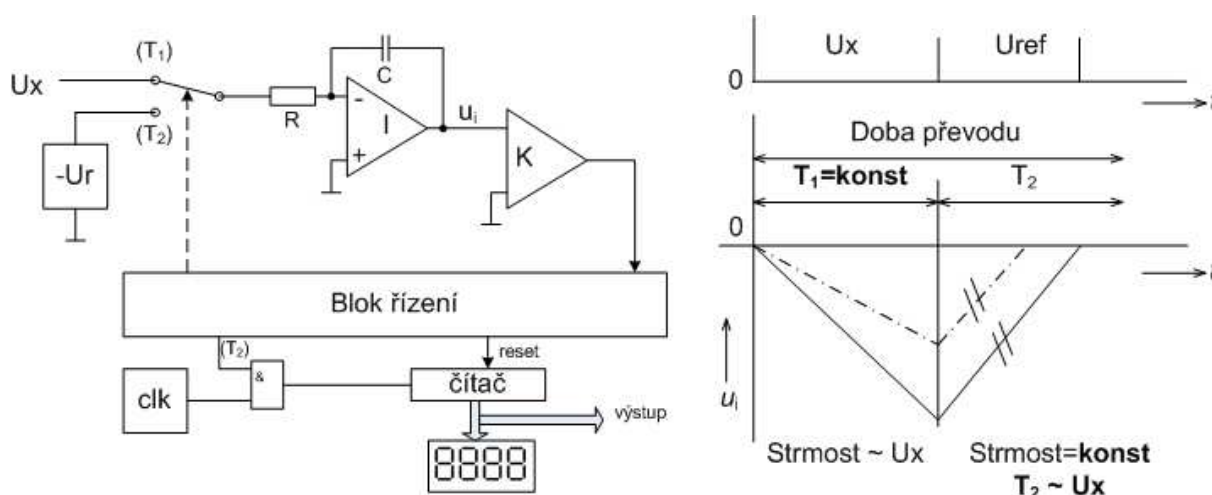
Při výběru vhodné karty musíme zejména zohlednit:

- počet a typ A/D vstupů,
- zda jsou vstupy unipolární, nebo bipolární,
- počet bitů A/D převodníku,

- vstupní rozsahy a zesílení vstupního zesilovače,
- rychlost převodu,
- zda karta umožňuje „automatizované“ měření,
- počet a rozlišení D/A výstupů,
- požadavky na čítače/časovače,
- počet a typ DI a DO,
- požadavek na speciální vstupy –např. dekodér signálů IRC senzoru,
- a v neposlední řadě, zda k dané kartě existuje SW podpora od výrobce.

4.1.1 Integrační A/D převodník

Jedná se o rozšířený typ převodníku založený na využití integrátoru.



Obr. 4.5 Integrační A/D převodník s dvojí integrací.

Popisovaný integrační A/D převodník se podle počtu dvou integračních etap nazývá s dvojí integrací „Dual Slope Converter“. Převodník se skládá z integrátoru, komparátoru („hlídá“ průchod nulou), blokem řízení, zdroje hodinového kmitočtu a čítačem. Mimo uvedené části zde patří ještě zdroj referenčního napětí, který musí mít opačnou polaritu, než vstupní – neznámé – napětí U_x . Princip činnosti je velice jednoduchý:

V první etapě blok řízení pomocí vstupního přepínače připojí na vstup integrátoru neznámé (tedy měřené) napětí U_x po **konstantní** dobu T_1 . Zároveň v tomto okamžiku platí, že výstupní napětí integrátoru je nulové. Po uplynutí doby T_1 bude na výstupu integrátoru napětí

$$u_i = -\frac{U_x}{RC}T_1$$

kde RC je integrační konstanta integrátoru a znaménko minus je zde dáno tím, že integrátor v tomto zapojení invertuje vstupní signál. Po uplynutí doby T_1 blok řízení přepne přepínač na referenční napětí U_r , které musí mít opačnou polaritu než měřené napětí U_x . V tomto okamžiku začíná zároveň doba T_2 . Výstup integrátoru je připojen na vstup komparátoru, který porovnává toto napětí s nulou. V okamžiku, kdy bude toto napětí nulové (a záporné), komparátor změní svůj logický výstup. Tento výstup je přiveden do bloku řízení, který ukončí dobu T_2 . Napětí na výstupu integrátoru nyní bude nulové:

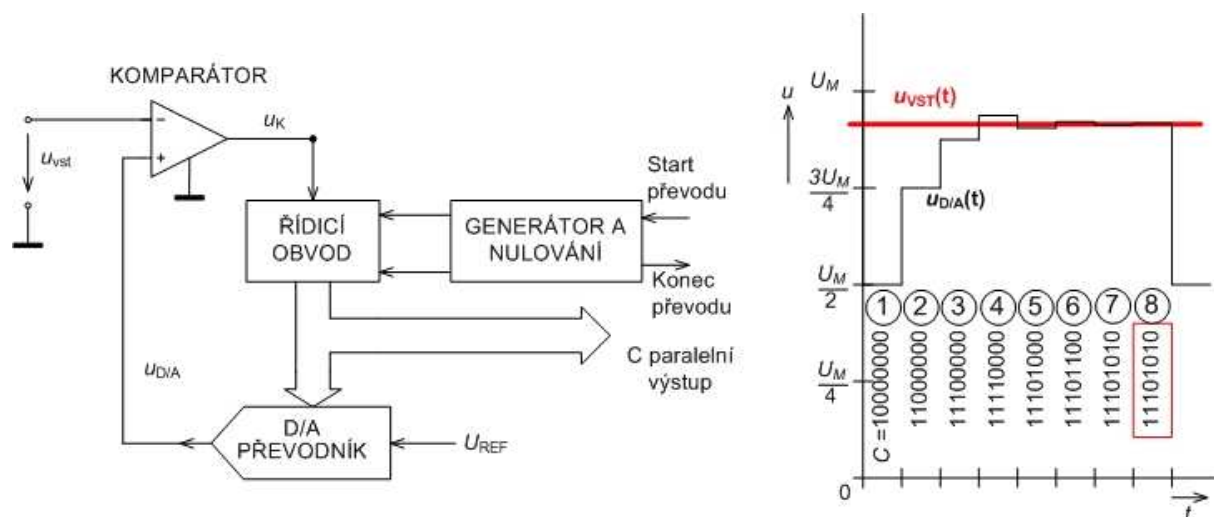
$$u_i = -\frac{U_x}{RC}T_1 - \frac{U_r}{RC}T_2 = 0$$

$$U_x = -U_r \frac{T_2}{T_1}$$

Vraťme se znovu na počátek doby T_2 . Na počátku této doby, blok resetuje (vynuluje) čítač a otevře hradlo (stavem log1 na jeho jednom vstupu). Signál o kmitočtu f_{clk} se dostane na vstup čítače, který ho bude po dobu T_2 načítat. Po uplynutí doby T_2 bude obsahovat číselnou hodnotu úměrnou neznámému měřenému napětí U_x . Výstup čítače může být zobrazen na displeji – např. kapesního multimetru, nebo je jako binární údaj uložen do paměti/registru převodníku k dalšímu zpracování.

4.1.2 Kompenzační A/D převodník

Přesný název zde popisovaného převodníku je kompenzační A/D převodník s postupnou aproximací, v anglické literatuře se nazývají „Successive Approximation Converter - SAR“.



Obr. 4.6 Kompenzační převodník s postupnou aproximací.

Tento převodník byl dlouhou dobu nejrozšířenějším typem, zajišťoval dostatečnou rychlost převodu, rozlišitelnost a nízkou cenu pro většinu aplikací. Jedná se o zpětnovazební převodník, kdy je neznámé vstupní napětí porovnáváno komparátorem se známým napětím

(jehož velikost můžeme měnit) generovaným D/A převodníkem - viz Obr. 4.6. Vlastní proces generování napětí D/A převodníkem by mohl být založen na strategii, že jeho výstupní napětí je postupně zvyšováno od nuly – po přírůstku LSB – až do okamžiku, kdy dojde ke změně výstupu komparátoru. Tento okamžik by znamenal, že aktuální napětí generované D/A převodníkem právě převýšilo velikost neznámého měřeného napětí a vstupní binární kód D/A převodníku odpovídá měřenému napětí. Nevýhodou tohoto postupu je, že trvá dlouho, v nejnepríznivějším případě, kdy bude vstupní měřené napětí stejné (nebo vyšší) než maximální napětí D/A převodníku dokonce 2^n taktů.

Nevýhodu dlouhé doby převodu odstraňuje strategie založená na půlení intervalu D/A převodníku. V prvním taktu řídicí obvod nastaví vstupní kód D/A převodníku na polovinu jeho rozsahu – viz $U_M/2$ na Obr. 4.6 vpravo. (Na tomto obrázku je zachycen případ, kdy je použit 8bitový D/A převodník.) Toto odpovídá nastavení nejvýznamnějšího (též bitu s nejvyšší vahou MSB-Most Significant Bit) na log1. Komparátor řídicí obvod obratem informuje, zda měřené napětí je menší, nebo větší, tedy, v které polovině rozsahu leží a kde má dále pokračovat v detailnějším porovnání, respektive který interval má dále „rozpůlit“. Jak je vidět na příkladu – vstupní, červeně zvýrazněné napětí leží v horní polovině měřicího rozsahu a tedy v následujícím taktu č.2 je rozdělena horní část na hodnotu $3U_M/4$. (Toto je provedeno tak, že je nastaven druhý nejvyšší bit na log1). Jak je zřejmé, i v tomto taktu je vstupní napětí větší. Až v taktu č.4 dojde ke stavu, kdy je napětí D/A převodníku vyšší. Všimněte si, že hodnota čtvrtého bitu – v taktu č.4 se pro následující takt č.5 vynulovala. Uvedeným postupem se pokračuje až do stavu, kdy jsou použity všechny řídicí bity D/A převodníku, tedy až bit s nejmenší vahou – LSB (Low Significant Bit). Těch je obecně n , takže doba převodu vždy trvá n taktů. V našem popisovaném příkladě byl použit 8bitový převodník a převod proběhl v osmi taktech s výstupem „1110 1010“. Celková doba převodu (myšleno n -taktů) u tohoto typu převodníku se pohybuje od desítek do jednotek mikrosekund. Počet bitů u tohoto typu A/D převodníku bývá 12, 14, 16 i 18.

Vlastní převod je odstartován signálem „Start převodu“. Informace o ukončení převodu a tedy přítomnosti výstupních dat na výstupu je dána logickým stavem výstupu „Konec převodu“.

4.1.3 Paralelní A/D převodník

Využívají přímou komparaci měřeného a referenčního napětí pomocí komparátorů, jejichž počet je 2^n , kde n je požadovaný počet bitů výsledného převedeného napětí a v anglické literatuře se nazývají „Flash“. Vstupní signál je přiveden paralelně na řadu komparátorů, které srovnávají se sadou napěťových referenčních hladin, vzájemně odstupňovaných po LSB – viz Obr. 4.7. Tento typ převodníku dosahuje extrémně krátké doby převodu – cca jednotky nanosekund - a hodí se tedy do aplikací s důrazem na rychlost převodu, jako je zpracování obrazu a pod. Nevýhodou je velký počet komparátorů, náročnost na výrobu přesné odporové sítě a z toho plynoucí vysoká cena.

Pracují na principu vyrovnávání náboje se vzorkovanou zpětnou vazbou, která udržuje nulovou střední hodnotu náboje na integračním kondenzátoru v integrátoru. Převodník je tvořen sigma delta modulátorem a číslicovým filtrem. Sigma delta modulátor převádí vstupní napětí u_{IN} na pilový průběh, který je komparován v komparátoru K vzorkován signálem o kmitočtu Kf_s . Vzorkovací kmitočet je podstatně vyšší než požaduje vzorkovací teorém. Následný číslicový filtr provádí filtraci typu dolní propust a převzorkování - tzv. decimaci.

Vstupní napětí u_{IN} je sečítáno s výstupem jednobitového D/A převodníku, který je ve zpětné vazbě. Integrátor pak po taktu přidá výstup sumačního členu k hodnotě napětí, která byla na výstupu v předchozím integračním taktu. Komparátor má na výstupu log. 1, je-li vstupní napětí menší nebo rovné nule, v opačném případě má na výstupu log0. Zpětná vazba se snaží udržet výstup integrátoru na nule tak, že průměrný výstupní tok jedniček a nul komparátoru je úměrný vstupnímu napětí. Střední hodnota na výstupu jednobitového převodníku je rovna vstupnímu měřenému napětí.

Výsledkem je sériový binární datový signál, jehož střední hodnota (jedniček a nul) odpovídá vstupnímu měřenému napětí. Výstup může být čítán čítačem a následně digitálně filtrován. Podrobný popis tohoto typu převodníku je uveden např. [19]. Výhodou těchto převodníků je přesnost a rozlišitelnost, nevýhodou malá rychlost převodu.

Mimo zde popsané principy A/D převodu existují i další. Např. sledovací, řetězové, integrační s jednou, třemi nebo čtyřmi integračními intervaly.

4.2 D/A převodník



Výklad

Funkcí D/A převodníku je převod binárního čísla na analogový signál. Tím bývá nejčastěji napětí, méně často proud. Výstup může být – podobně jako vstup u A/D převodníku – unipolární, nebo bipolární. Na výstupu převodníku však nemůžeme nastavit libovolnou hodnotu analogového signálu, výstupní signál je schodovitý, o výšce schodu rovnu LSB. Chyba způsobená diskrétními úrovněmi výstupního signálu se nazývá kvantizační chyba. Maximální nepřesnost, tj. rozdíl mezi požadovanou a nastavenou hodnotou výstupního signálu je dán polovinou přírůstku výstupního signálu, odpovídajícímu nejnižšímu bitu vstupního datového slova (LSB).

D/A převodník je charakterizován počtem bitů, rozsahem (zpravidla bývá jeden) a rychlostí. D/A převodníky rozlišujeme na přímé, nepřímé a sigma-delta modulací.

Mezi základní parametry u D/A převodníků patří:

Rozlišení D/A převodníku vyjadřuje se počtem diskretních úrovní výstupního analogového napětí nebo proudu a přímo souvisí s počtem bitů vstupního slova. Např. 8-bitový dvojkový převodník D/A má celkem 256 různých výstupních úrovní napětí, tj. má rozlišovací schopnost přibližně 0,4% rozsahu,

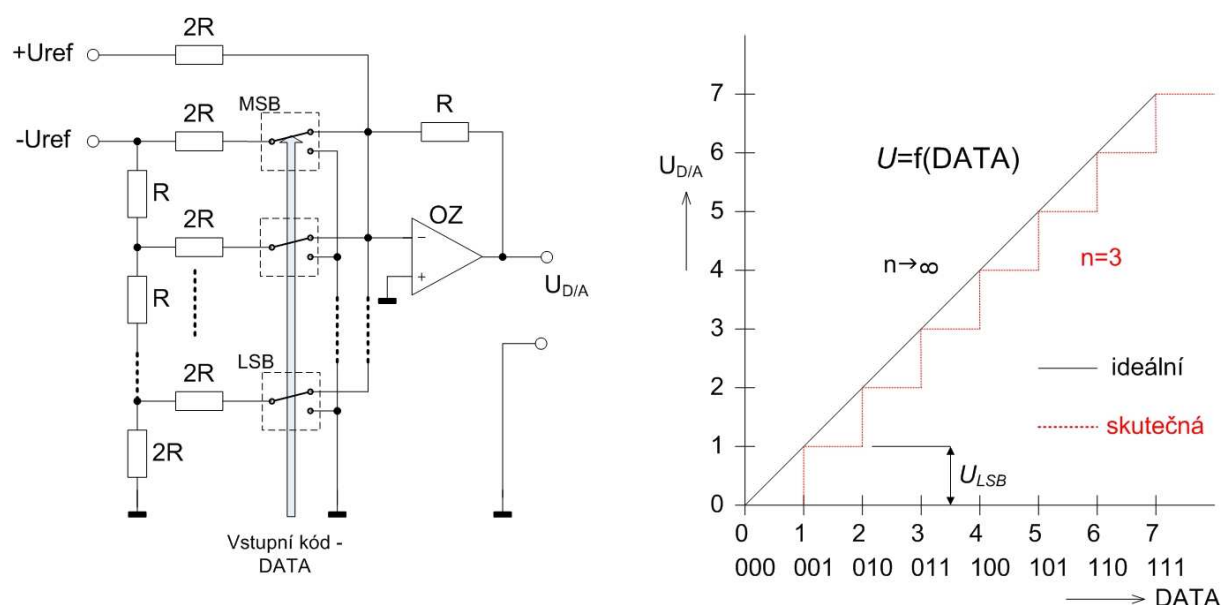
kdežto např. 8-bitový převodník D/A s dvojkově-desítkovým kódem (BCD) má rozlišovací schopnost pouze 1% rozsahu.

Kvantovací chyba je způsobena konečným počtem diskretních úrovní výstupního napětí a může dosahovat maximálně $\pm 1/2$ hodnoty LSB.

Přesnost výstupního napětí resp. proudu převodníku D/A udává maximální odchylku mezi skutečnou a ideální převodní charakteristikou převodníku D/A.

Doba převodu T_P je maximální doba potřebná k ustálení výstupní analogové veličiny na správnou hodnotu s povolenou chybou za předpokladu konstantní hodnoty digitálního signálu C během převodu.

Rychlost převodu je maximální počet vstupních slov C , která mohou být převodníkem převedena na analogovou výstupní veličinu za jednotku času, je převrácenou hodnotou doby převodu T_P .



Obr. 4.9 Principiální schéma D/A převodníku založeném na napěťovém sumátoru a odporovou sítí R - $2R$. Vpravo příklad převodní charakteristiky 3bitového unipolárního D/A převodníku s výstupním rozsahem 0-7V.

Jedna z možných topologií vnitřní odporové sítě přímého D/A převodníku je znázorněna na obrázku výše. Její výhodou je, že využívá pouze odpory dvou hodnot R a $2R$. Tato síť tvoří dělič záporného napětí U_{ref} , jehož jednotlivé hodnoty jsou – prostřednictvím jednotlivých spínačů, vyjadřující váhy vstupního slova – připojeny na vstup sumátoru OZ spolu s napětím U_{ref} (kladné polarity), od kterého se odečtou. Na výstupu sumátoru, je napětí, odpovídající vstupnímu kódu převodníku.

4.2.1 Moduly úpravy signálu

Pro průmyslová i laboratorní měření je často nutné přizpůsobit/upravit vstupní analogové signály před vlastním vstupem A/D převodníku. Výrobci analogových IO PC karet proto nabízejí i příslušné moduly pro předzpracování signálu. Tyto moduly/jednotky/desky se nazývají „Signal Conditioning Modules“. V některých případech se jedná o vícekanálové moduly, většina výrobců však preferuje standardizovanou řadu navzájem kompatibilních jednokanálových zásuvných modulů. Ty se u jednotlivých výrobců liší zpravidla pouze prvními písmeny v označení typu; např. 5B – National Instruments, MB – Keithley-Metrabyte, DT5 – Data Translation, PCLM-5B – Advantech, atd. Následující dvě číslice však již standardně označují parametry příslušného modulu - Tab. 4.2.

Typ 5Bxx	Funkce	Vstupní rozsah	Filtr
30	mV vstup (=)	10/50/100 mV	4Hz
31	V vstup (=)	1/5/10 V	4Hz
32	Proudový vstup (=)	4-20mA, 0-20mA	4Hz
34	Pt100 (odporový teploměr)	-100 až 600°C	4Hz
37	Termočlánek	-100 až 1750°C	4Hz
38	Tenzometr	0,3 až 10 k Ω	10kHz
39	Proudový výstup	4-20mA, 0-20mA	400Hz
40	mV vstup	10/50/100 mV	10kHz
41	V vstup	1/5/10 V	10kHz
45/46	Frekvence	0-500Hz,...0-250kHz	-
47	Linearizovaný termočlánek	-100 až 1750°C	4Hz

Tab. 4.2 Přehled vybraných modulů řady 5Bxx (jsou zde též zařazeny výstupní moduly).



Obr. 4.10 Moduly pro úpravu/přizpůsobení signálu. Vlevo – modul 5B40 – určen do zasunutí do montážní desky, vpravo modul ADAM3013 určený pro montáž na DIN lištu.

Další možností je použít modulů pro úpravu signálů z řady ADAM3000 výrobce Advantech, nebo podobných SG-3000 výrobce ICP_DAS.

ADAM 3000 - převodníky na unifikovaný signál s třicestnou izolací

Převodníky série ADAM-3000 převádějí vstupní analogový signál - U, I, odporový teploměr (RTD), termočlánek - na napěťový nebo proudový unifikovaný signál. Mimoto izolačně oddělují vstupní/ výstupní signál a napájecí napětí převodníku. Podstatnou výhodou je možnost volby vstupního rozsahu převodníku pomocí přepínačů a jejich kalibrace. Mechanické provedení je uzpůsobeno montáži na DIN lištu. Napájení modulů je +24V DC. Stručný přehled typů těchto modulů je uveden v Tab. 4.3. Podobné moduly nabízí také firma ICP DAS pod názvem SG-3000.

ADAM-3011	převodník pro termočlánekový vstup typu J,K,T,E,S,R,B, izolovaný
ADAM-3013	převodník pro RTD vstup (Pt a Ni čidla), izolovaný
ADAM-3014	převodník pro univerzální DC vstup/ výstup, izolovaný
ADAM-3016	převodník pro tenzometrický vstup (celý můstek), izolovaný
ADAM-3112	převodník napětí-napětí: 0-450V AC/DC na 0-5V DC, izolovaný
ADAM-3114	převodník proud-napětí: 0-5A AC/DC na 0-5V DC, izolovaný

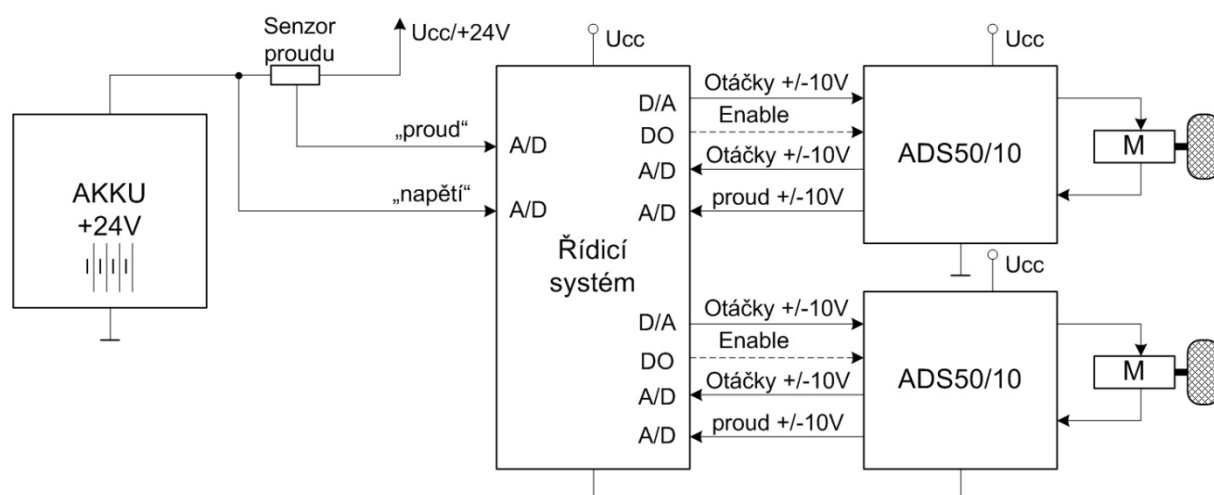
Tab. 4.3 Moduly řady ADAM 3000.

4.2.2 Příklady použití A/D a D/A převodníků



Řešený příklad

Zadání: Nastavte žadanou hodnotu otáček a měřte otáčky motoru, proud odebíraný motorem, napětí a odebíraný proud akumulátoru mobilního zařízení. Pohonný subsystém mobilního robotu s diferenciálně řízeným podvozkem je tvořen dvěma jednotkami ADS 50/10. Žádaná hodnota rychlosti se nastavuje napěťově a má rozsah +/- 10V. Dalším řídicím signálem je logický signál Enable. Aktuální otáčky a odebíraný proud motoru jednotka poskytuje v analogové formě +/- 10V. Celý mobilní robot je napájen z akumulátoru +24V, kde požadujeme měřit jeho aktuální svorkové napětí a okamžitý odebíraný proud. Maximální proudový odběr předpokládáme cca 20A. (Znalost těchto údajů nám pomůže odhadnout zbývající kapacitu napájecí části a tedy i provozní dobu celého zařízení). Blokové schéma zapojení je znázorněno na Obr. 4.11.



Obr. 4.11 Blokové schéma zapojení řízení otáček, proudu a napětí – viz zadání v textu.

Řešení: Pro zajištění výše uvedených požadavků použijeme moduly distribuovaných I/O řady I7000 výrobce ICP DAS.



Důležitá poznámka

Použití těchto modulů – s ohledem na jejich rychlost měření cca desítky za sekundu – vyhovuje požadavkům dané aplikace. V případě aplikace, kde by byly vyšší nároky na rychlost převodu A/D převodníku a celkového sběru dat, bychom museli použít jiná řešení, např. zásuvné karty do PC, případně i jiné moduly komunikující po některé sériové sběrnici/rozhraní – typu CAN, USB apod. Tento výběr je potřeba řešit na začátku.

(Konec poznámky)

Budeme potřebovat dva D/A výstupy $\pm 10V$, dva analogové vstupy (měření proudu a napětí), dva a dva (celkem 4) analogové vstupy pro měření aktuálních otáček a odebíraného proudu motoru v rozsahu $\pm 10V$. Celkem tedy 6 A/D vstupů. Pro ovládání vstupu Enable jednotek ADS50/10 dva logické výstupy minimálně $+4V$. Je samozřejmě možné navrhnout řešení založené na PC kartách, např. použitím některé z multifunkčních karet.

Vhodným D/A modulem, který splňuje požadavky na rozsah ($\pm 10V$) a počet (2) napěťových výstupů je I-7024 (ICP DAS)¹⁷. Tento modul nabízí 4 D/A výstupy v bipolárních rozsazích $\pm 10V$ (případně i proudových – zde je ale nepotřebujeme).

¹⁷ Modul I-7024 má ještě další výhodné vlastnosti pro naši aplikaci – lze nastavit rychlost změny generovaného napětí z aktuální hodnoty na novou. V případě systémů řízení rychlosti to eliminuje skokové změny rychlosti a tedy i nároky na pohonný subsystém. Dále – má zabudovaný obvod WDT, který dokáže nastavit výstupní napětí automaticky na předem nastavenou hodnotu. V naší aplikaci by se jednalo o napětí odpovídající nulovým otáčkám a tedy zastavení pohybu (jiné řešení tohoto problému by mohlo využít vstupu Enable).

Pro měření napětí vybereme modul I-7017F, který nabízí 8 bipolárních diferenciálních (DIFF) A/D vstupů, mimo jiných i na rozsazích $\pm 10\text{V}$.

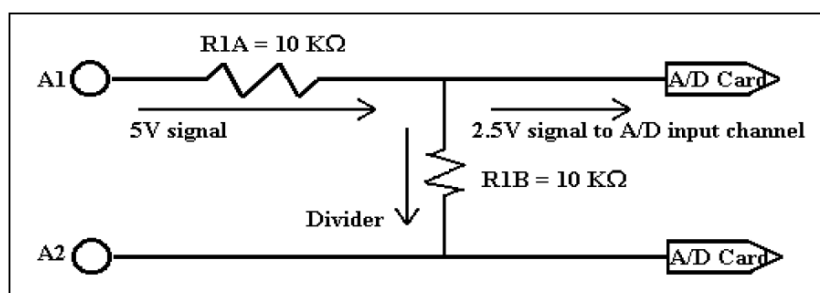
Jako senzor proudu použijeme modul Pololu1186 výrobce Pololu s rozsahem 0-30A a napětovým výstupem 133mV/A. Modul se napájí napětím +5V – blíže viz [15]. Zapojení modulu měření proudu je znázorněno na Obr. 4.14.

Pro měření napětí 24V bude potřeba navrhnout vhodný odporový dělič z důvodu napětového rozsahu A/D převodníku, který je 10V.



Důležitá poznámka

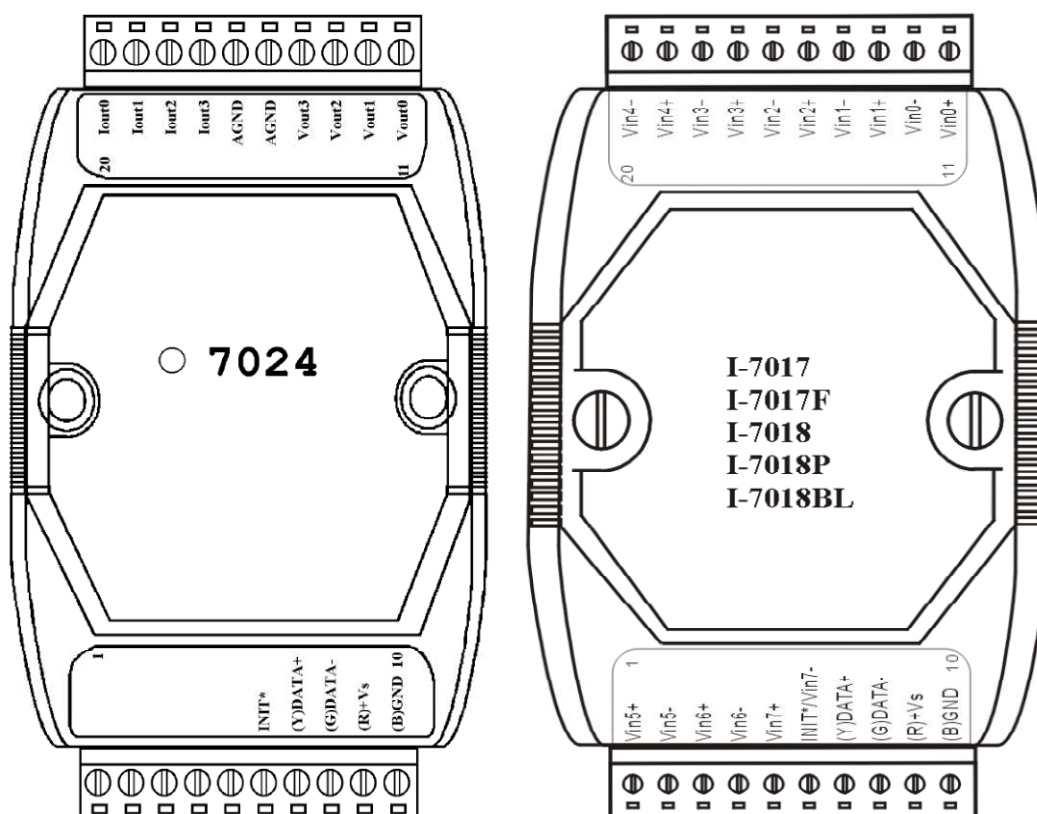
Problém spojený s úpravou (snížením) napětí převyšující vstupní rozsah A/D převodníku (nebo binárního vstupu) je v praxi poměrně častý. Proto jsou některé dceřiné montážní desky (svorkovnice) vybaveny výměnnými odporovými děliči – viz příklad DB-8125 na Obr. 4.12. Osazením odporů $R1A$ a $R1B$ získáme napětový dělič, osazením $R1A=0\Omega$ a $R1B$ nenulovou hodnotou získáme převodník proud/napětí a tedy možnost měřit signál proudové smyčky. Výpočet hodnoty odporu pro tento účel byl popsán na jiném místě tohoto textu.



Obr. 4.12 Vstupní část každého kanálu montážní desky DB-8125. Standardně má odpor $R1A$ hodnotu 0Ω a $R1B$ není osazen.

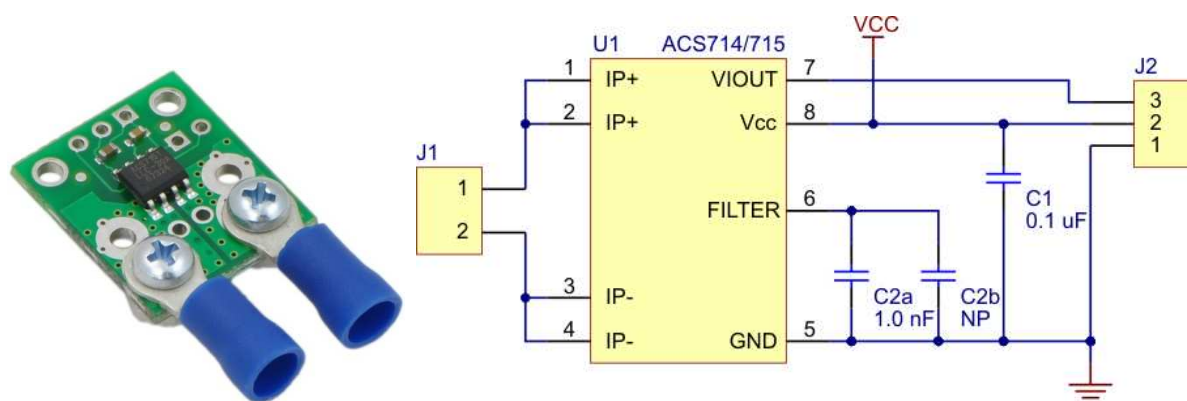
(Konec poznámky)

Pro nastavení logického signálu Enable jednotek ADS50/10 musíme generovat napětí minimálně +4V – viz manuál jednotky. Impedance tohoto vstupu je $15\text{k}\Omega$, z čehož plyne

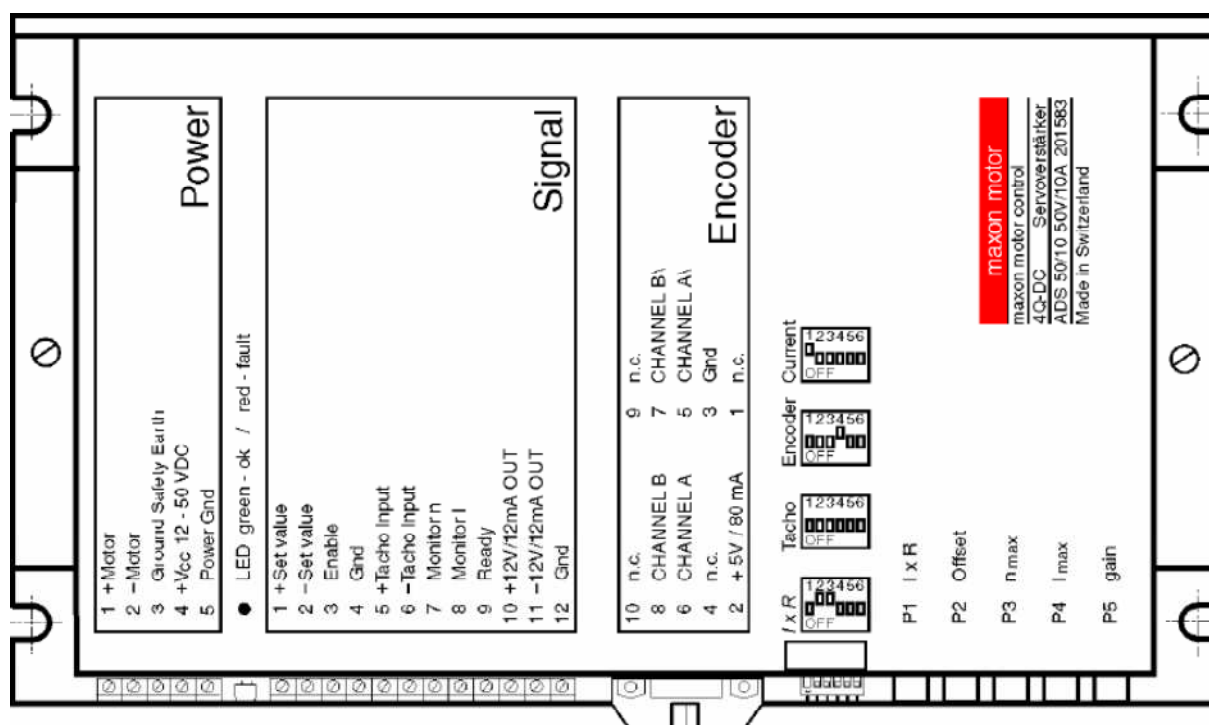


Obr. 4.13 Moduly I-7024 (4 D/A výstupy) a I-7017F (8 A/D DIFF vstupů).

požadavek na ovládací signál – např. +10V, aby byl schopen dodat proud $10/15000 = 0,7$ mA. Při prostudování parametrů analogových výstupů modulu I-7024 zjistíme, že parametry D/A výstupu jsou $\pm 10V$ s proudovým odběrem 5mA. Je zřejmé, že tento D/A výstup dokáže generovat požadované logické napětí a především dodat potřebný proud pro vstup Enable modulu DAS50/10. Toto řešení – které nám ušetří jeden modul s DO výstupem - tedy použijeme. Poznamenejme, že ovládání vstupu Enable by mohlo být zajištěno i z jednoho D/A výstupu a tedy ovládat tyto vstupy současně.



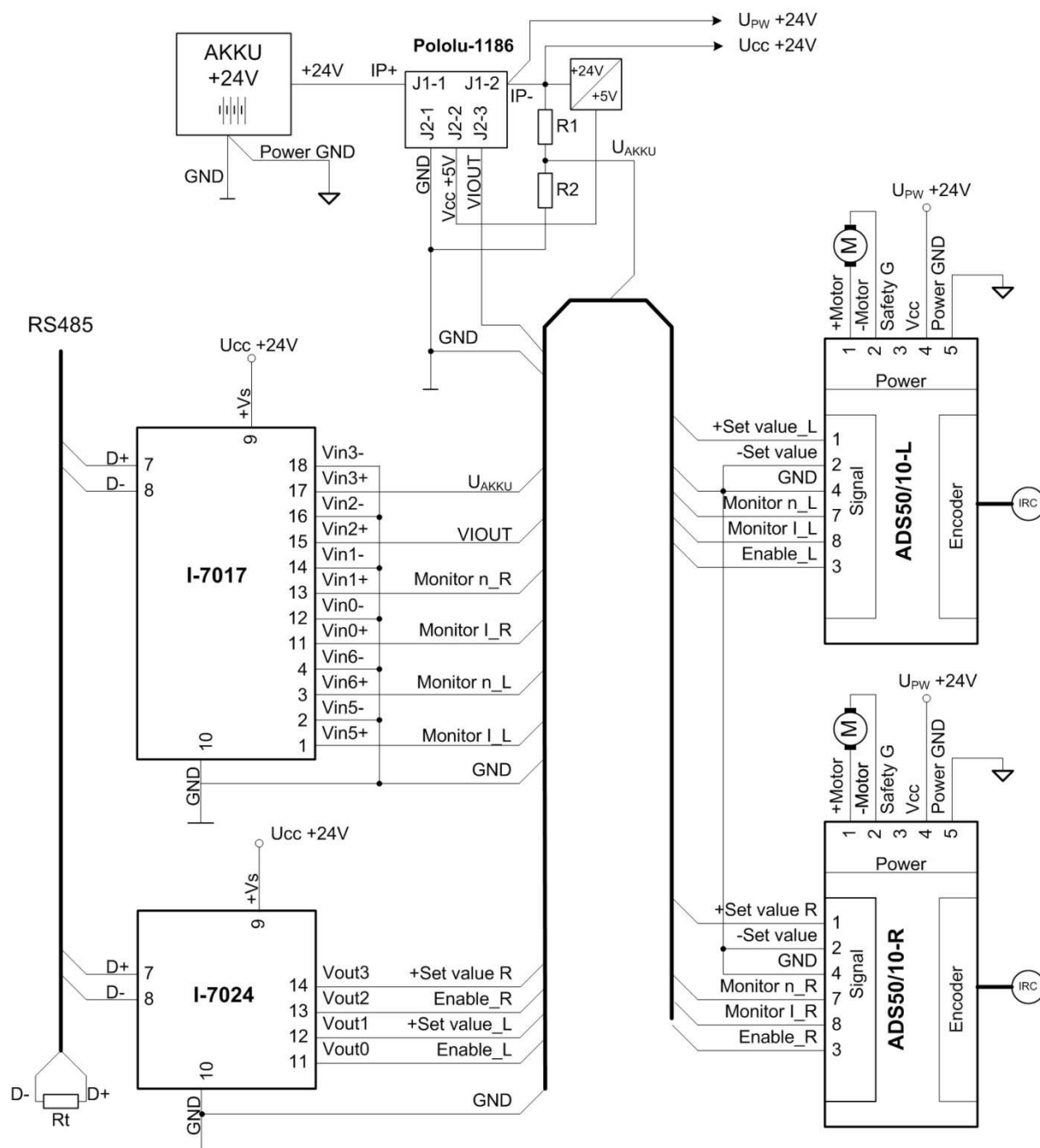
Obr. 4.14 Senzor proudu (převodník I/U) Pololu-1186 výrobce [15].



Obr. 4.15 Jednotka ASD50/10 výrobce Maxon.

Popis zapojení: Žádané hodnoty rychlosti „+Set value L (R)“ pro jednotky ADS50/10 jsou generovány D/A výstupem $\pm 10V$ Vout1 a Vout3 modulu I-7024, proti zemi GND. Povolovací logický signál jednotek „Enable“ není generován binárním výstupem (DO), ale opět D/A výstupy – Vout0 a Vout2. Výše v textu je toto podrobně zdůvodněno a vysvětleno. Jednotky ADS50/10 také poskytují informaci o aktuální rychlosti a aktuálním proudu motorem. Tyto hodnoty jsou napěťové a bipolární - $\pm 10V$. Pro jejich měření tedy potřebujeme odpovídající analogové vstupy (tedy bipolární s rozsahem $\pm 10V$). To zajišťuje modul I-7017F (F znamená rychlejší verzi tohoto modulu – více měření za sekundu). Tento modul disponuje 8 A/D diferenciálními (DIFF) vstupy. Ty zde však nejsou využity, takže všechny vstupy Vinx- jsou připojeny na společnou zem GND. Skutečná hodnota proudu „Motor I_R“ je přivedena na vstup Vin0+, dále „Motor I_L“ na vstup Vin5+. Skutečné hodnoty proudu „Motor n_R“ a „Motor n_L“ na vstupy Vin1+ a Vin6+.

Dalším požadavkem v zadání bylo měřit velikost odebíraného proudu a napětí na akumulátoru (zdroji). Jako senzor proudu je použit modul Pololu-1186, který je napájen napětím +5V – viz měnič +24/15V ve schématu. Výstupní signál tohoto senzoru „VIOU“ je napětí (proti zemi), které je úměrné protékajícímu proudu a je měřeno A/D vstupem Vin2+. Napětí akumulátoru je vzhledem k jeho velikosti zmenšeno odporovým děličem tvořeným odpory R1 a R2 tak, aby měřené napětí na odporu R2 nepřekročilo maximální vstupní rozsah (kladný) daného A/D vstupu, který je 10V.



Obr. 4.16 Zapojení řízení pohonů a měření vybraných parametrů napájení.

Hodnota odporů se v praxi volí tak, aby jejich celkový odpor byl mnohem menší (cca 2řády), než vstupní odpor A/D převodníku, který je u I-7017R $1\text{M}\Omega$. Když tedy zvolíme celkovou hodnotu odporů $10\text{k}\Omega$, bude jimi protékat proud cca $2,5\text{mA}$, při napětí 24V ¹⁸ (proud tekoucí do A/D vstupu zanedbáváme). Zjednodušený výpočet může vypadat takto (známe celkový odpor 10k – zvolili jsme ho, protékající proud cca $2,5\text{mA}$ – vypočetli jsme ho a samozřejmě napětí akumulátoru připojené na celý dělič R1 a R2:

¹⁸ Toto napětí bude záviset na typu akumulátoru. U olověného bude u plně nabitého kolem 27V a musíme s touto hodnotou počítat při výpočtu děliče.

Napětí na odporu R_2 - „ U_{AKKU} “ měříme na vstupu V_{in3+} modulu I_7017.

Moduly ADS50/10 jsou napájeny ze stejného zdroje, jako moduly I-7024 a I-7017. Kvůli potlačení možného rušení jsou ze zdroje k modulům ADS50/10 vedeno napájení samostatnými vodiči (a s vhodně dimenzovaným průřezem) – viz napájecí svorky $U_{PW} +24V$ a Power GND. V zadání nebylo řešit napojení jednotek ADS50/10 na motory a inkrementální senzory – ty jsou zde proto zakresleny pouze informativně.

Moduly I-7017 a I-7024 komunikují s nadřazenou úrovní přes sériové rozhraní RS485. Ve schématu je na jednom konci této sběrnice vyznačen ukončovací odpor R_t , jehož hodnota se stanovuje podle délky vedení této sběrnice – viz manuál. V případě malých vzdáleností (jednotky metrů) a nízkých přenosových rychlostí se nemusí osazovat.

4.2.3 Program analogové výstupy

SW Program

Pro praktické seznámení s moduly určenými pro generování analogového výstupu – napětí, nebo proudu, je navržen program „ADAM4024“. Tento program je součástí laboratorní úlohy.

4.2.4 Program analogové vstupy

SW Program

Pro praktické seznámení s moduly určenými pro měření napětí je navržen program „ADAM4017“. Tento program je součástí laboratorní úlohy.

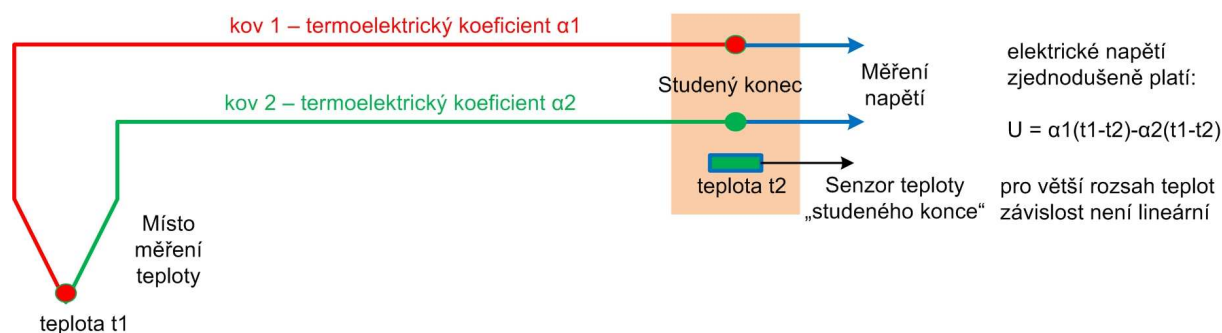


Řešený příklad

Zadání: Měřte teplotu termočlánkem za použití měřicí karty. Při návrhu zohledněte větší vzdálenost měřicího IPC (v něm bude měřicí karta) od místa měření.

Měření teploty pomocí termočlánku – který je zdrojem napětí, má svá specifika, která musíme důsledně dodržovat. Termočlánek využívá termoelektrického jevu (Seebeckův jev) - při různé teplotě konců vodiče se na každém konci objeví jiný potenciál (napětí), míra tohoto jevu je určena Seebeckovým (termoelektrickým) součinitelem alfa. Aktivní konec

termočlánek se nazývá horký (měřicí). Druhý konec termočlánu (studený) je nutné udržovat na stálé teplotě, **nebo znát jeho teplotu**. Výsledné termoelektrické napětí je dáno rozdílem napětí na horkém a studeném konci - řádově μV na $^{\circ}\text{C}$. Protože se často používají termočlásky z drahých kovů a bývá obvyklé měřit teploty "na dlouhou vzdálenost" od místa kde se měření vyhodnocuje, je nutné nahradit část drahých termočlánských materiálů levnějšími.



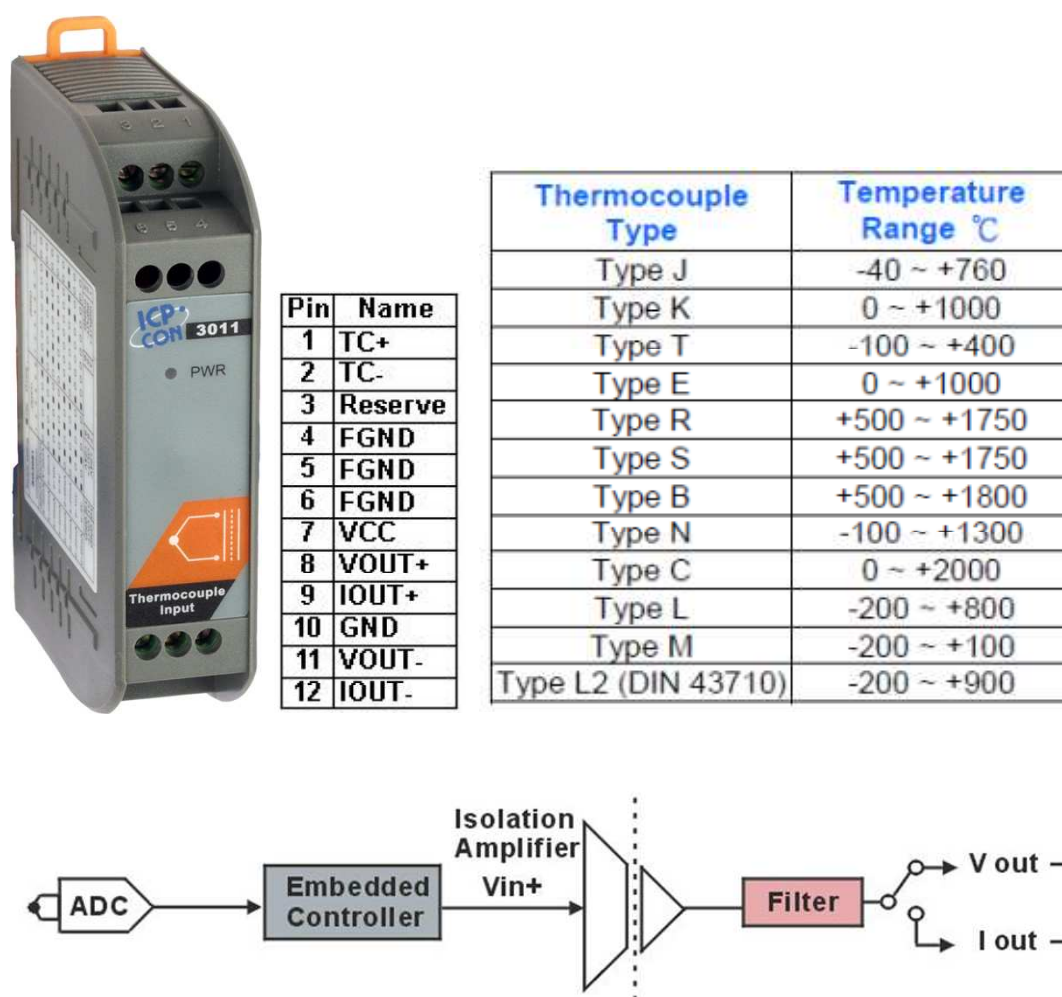
Obr. 4.17 Princip měření termočlánekem.

Termočlánek není tedy možné přímo připojit na vstup A/D převodníku, ale je nutné použít speciální vstup „tzv. studený konec“, kde je navíc instalován senzor teploty – potřebujeme totiž znát teplotu studeného konce, abychom podle vztahu uvedeného na Obr. 4.17 mohli teplotu v měřeném místě určit. (Starší řešení používala řešení, kde byl studený konec udržován na známé, konstantní teplotě).

Návrh zapojení:

Pro připojení termočlánu máme možnost použít speciální dceřinou desku, kde je také instalován teploměr, měřící teplotu studeného konce. Protože v zadání je uveden požadavek na zohlednění větší vzdálenosti k místu měření, bude výhodnější použít „modul úpravy signálu“, termočlánek/napětí (proud), který může být umístěn v bezprostřední blízkosti (samozřejmě s ohledem na teplotní podmínky) termočlánu. Vhodný modul pro připojení termočlánu je např. SG-3011 – viz [16] a Obr. 4.18.

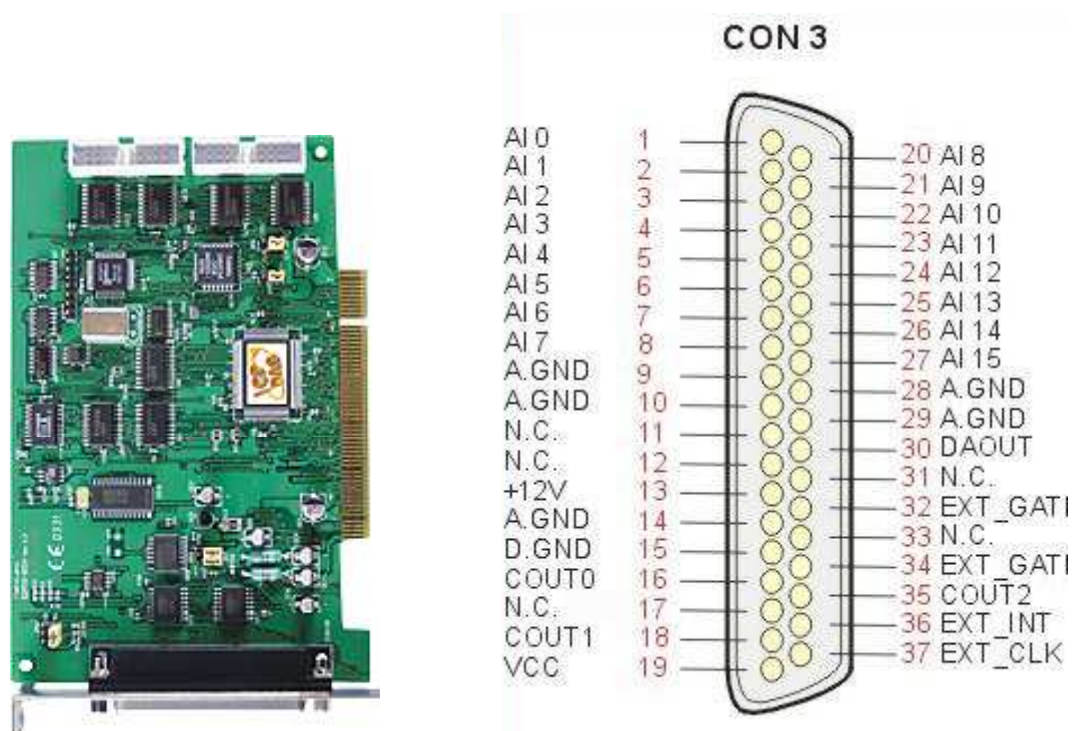
Modul provede převod napětí termočlánu na napětí (obsahuje mikrokontroler), včetně zohlednění teploty studeného konce (obsahuje tedy senzor teploty studeného konce). Výstupní unipolární signál je napěťový 0-10V a proudový (proudová smyčka) 0-20mA. Právě z důvodu větší vzdálenosti mezi tímto modulem a vstupem měřicí karty (respektive předřazenou dceřinou deskou – svorkovnicí) bude z důvodů potlačení možného útlumu na vedení použít výstupu ve formě proudové smyčky.



Obr. 4.18 Modul SG-3011 pro připojení termočlánu- blokové schéma, popis svorkovnice a typy termočlánu.

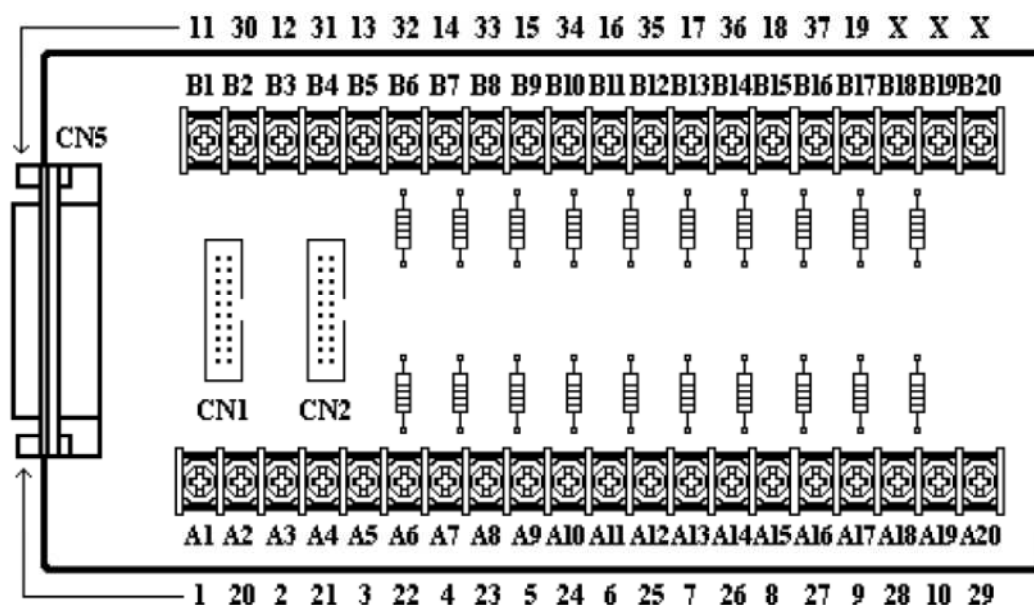
Pro napojení proudové smyčky na vstup A/D převodníku můžeme použít speciální „proudový“ vstup, nebo použít běžný napěťový – diferenciální – s paralelně zařazeným odporem. Jeho hodnotu určíme jednoduše podle Ohmova zákona: známe maximální protékající proud odporem: 20mA a budeme znát napěťový rozsah A/D vstupu, na kterém budeme měřit.

Jako měřicí kartu zvolíme levnou multifunkční PIO-821L stejného výrobce – ICP DAS, jako modulu SG-3011 výše. Karta disponuje 16SE nebo 8DIFF bipolárními napěťovými vstupy. Diferenciální vstupy jsou zapojeny vždy mezi AI0-AI8, AI2-AI9, atd.



Obr. 4.19 Multifunkční měřicí PCI karta PIO-821L.

Vhodnou externí svorkovnicí pro konektor CON3 této karty může být DB-8125 – viz obrázek. Čísla svorkovnice odpovídají číslům na konektoru CON3 karty PIO-821L – viz výše. Např. A/D diferenciální vstup AI7-AI15 má čísla na svorkovnici DB-8125 8 a 27, respektive označení na svorkovnici A15 a A16. Vhodný kabel pro připojení karty k dceřiné desce je CA-3710 stejného výrobce.



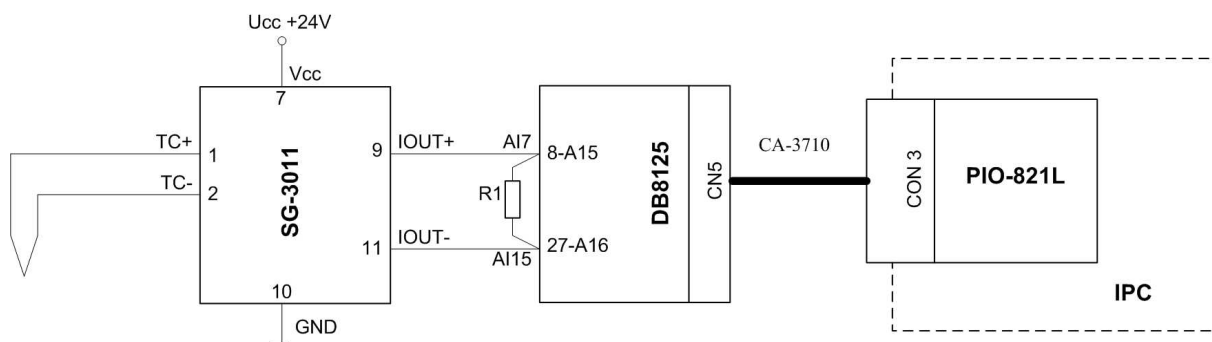
Obr. 4.20 DB-8125 je – univerzální modul svorkovnice pro napojení 37pinového (nebo dvou 20pinových) konektorů A/D měřicí karty.

Popis zapojení:

Termočlánek je připojen na vstup modulu SG-3011. Tento modul je vlastně převodník termočlánek/napětí nebo proud. Výstupní signál je lineární a odpovídá měřené teplotě. Protože se předpokládá, že měřicí místo bude značně vzdálené od měřicí karty, je u modulu SG-3011 použit ne napěťový, ale proudový výstup.

Výstupní proudový signál 0-20mA je připojen prostřednictvím svorkovnice na diferenciální vstupy A/D převodníku – kanál 7. Protože měřený signál je proud a vstup A/D převodníku je napěťový, je použit odpor R1, který zde pracuje jako převodník proud/napětí. Jeho velikost je:

$$R1 = \frac{\text{Vstupní rozsah A/D vstupu}}{\text{max proud smyčky}} = \frac{10}{0,02} = 500\Omega$$



Obr. 4.21 Schéma zapojení měření teploty termočlánekem pomocí modulu SG-3011, dceřiné desky (svorkovnice) a měřicí karty PIO-821L. Zapojení také demonstruje připojení proudového signálu na napěťový vstup A/D převodníku.

Poznamenejme, že tuto měřicí úlohu by šlo také realizovat bez modulu úpravy signálu SG-3011 (nebo podobného). Možným řešením by bylo použít dceřinou desku, která obsahuje tzv. studený konec (zde senzor teploty). Termistor (termistory) by byl připojen přímo na vstup dceřiné desky a jeho výstup (napětí) přivedeno na A/D vstup – podmínkou by zde bylo dostatečné zesílení. Senzor teploty studeného konce (jeho napěťový výstup) by byl připojen na další A/D vstup. Jiným řešením může být použití distribuovaných modulů řady ADAM-4011, ADAM-4018, (Advantech), moduly I-7011, I-7017, M-7011 (ICP_DAS), moduly ND-6018 (Adlink). K přímému připojení až osmi termočláneků je vhodná karta PLC-1718HGU (PCI) nebo PCL-818G (ISA). K nim lze přidat svorkovnici PCLD-8115 s vestavěným čidlem teploty srovnávacího spoje. Stejně lze využít modul PC/104 typu PCM-3718HG, určený pro miniaturizované sestavy PC.

4.2.5 Program termočlánek

SW Program

Pro praktické seznámení s moduly určenými pro měření teploty pomocí termočlánků je navržen program „i7018“, který komunikuje s modulem kompatibilním s ADAM-4018. Tento program je součástí laboratorní úlohy.



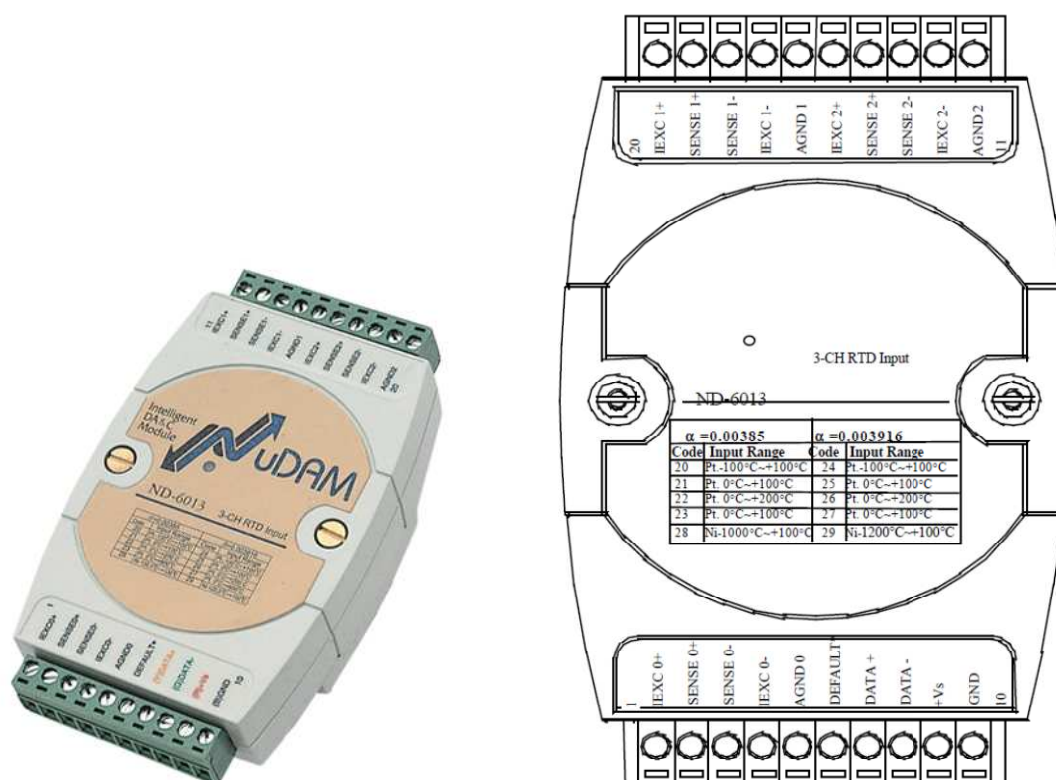
Řešený příklad

Zadání: Měřte teplotu odporovým teploměrem Pt100. Při návrhu zohledněte větší vzdálenost měřicího IPC od místa měření.

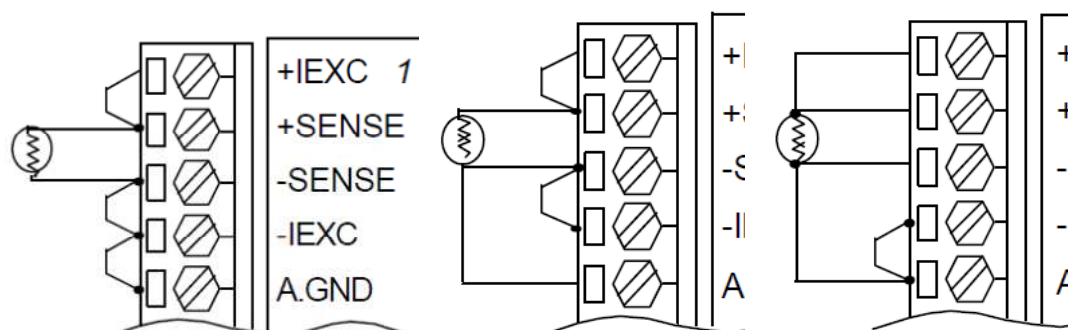
Měření teploty pomocí odporového teploměru je častá úloha. Je možné použít speciální dceřinou desku uzpůsobenou pro připojení odporového teploměru a měřicí kartu s běžnými A/D vstupy, nebo modul úpravy signálu a měřicí kartu. Další možností je použít měřicí kartu schopnou přímo tyto teploměry napojit (málo časté), nebo použít distribuovaného modulu určeného pro připojení odporového teploměru. Úkolem každého obvodu určeného k připojení odporového teploměru je vlastně změřit jeho odpor a případně ho převést na lineární výstupní signál – napětí nebo proud. Při zpracování signálu z odporového teploměru v IPC (nebo měřicím modulu) lze definovat nebo tabelovat převodní křivku teplota/odpor s libovolnou přesností, a tudíž bez problémů měřit i polovodičovým teploměrem s výrazně nelineární charakteristikou.

Návrh zapojení:

Pro připojení odporového teploměru použijeme jednoduché řešení využívající modulu pro distribuované měření, např. NuDAM NU-6013. K modulu je možné připojit až tři odporové teploměry a to v dvou, tří a čtyřvodičovém zapojení. Výstupní údaj je buď teplota v °C, nebo odpor v ohmech.



Obr. 4.22 Modul NuDAM ND-6013.



Obr. 4.23 Měření teploty odporovým teploměrem: dvou vodičové, tří a čtyřvodičové zapojení. Připojení na modul Nu-6013.

Popis zapojení:

Schéma zapojení zde neuvádíme pro jeho jednoduchost – vychází z příkladů uvedených na Obr. 4.23. Při výběru typu zapojení: dvou, tří, nebo čtyřvodičové, musíme zohlednit požadavky na přesnost měření a vzdálenost k senzorům (teploměrům).

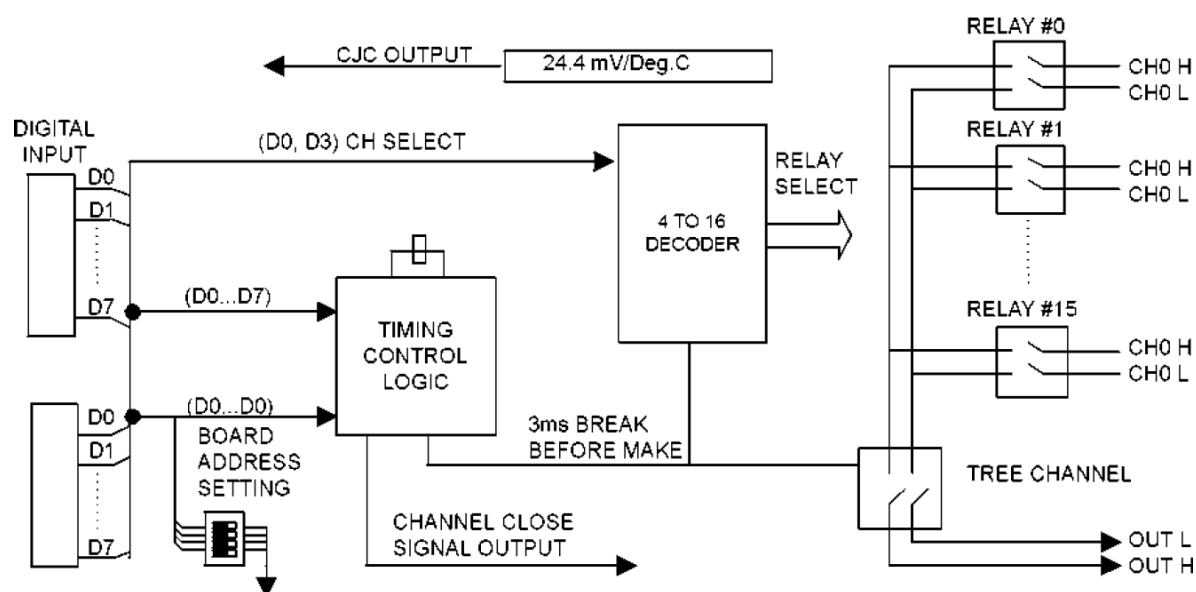
**Úlohy k řešení 4.1.**

Navrhněte zapojení pro měření 16 teplot pomocí odporových teploměrů Pt100 za použití měřicí karty.

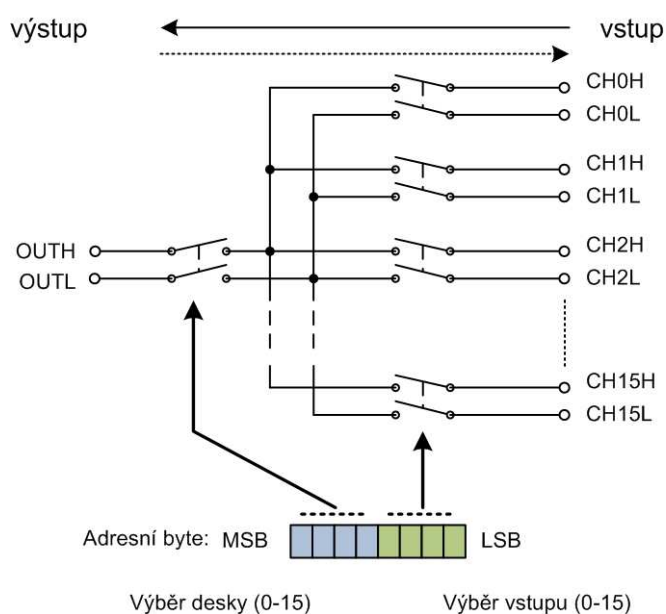


Důležitá poznámka

V některých aplikacích na měření teploty může nastat požadavek na značně vysoký počet měřicích míst a tedy i teploměrů. Jednou z možností jak toto řešit, je použití přepínače (přepínačů) měřicích míst. V takovém zapojení je tedy postupně připojován vždy jeden (nebo několik – závisí na tom, zda je přepínač měřicích míst jednopólový, nebo vícepólový) teploměr na vstup měřicího obvodu, např. zde popsaného modulu NU-6013. Je třeba si však uvědomit, že měření probíhá postupně a trvá určitou dobu. Při větším počtu odporových teploměrů, zvláště ve čtyřvodičovém zapojení, je vhodný např. reléový multiplexor PCLD-788.



Obr. 4.24 Reléový dvoupólový přepínač – multiplexor PCLD-788.



Obr. 4.25 Principiální blokové schéma multiplexoru PCLD-788.

Zapojení multiplexoru PCLD-788 (výrobce Advantech) je zobrazeno na Obr. 4.24, respektive zjednodušeně na Obr. 4.25. Jedná se v podstatě o 16ti-polohový dvoupólový přepínač – (16 x elektromechanická relé) se vstupy CH0H/L až CH15H/L, adresovaný (ovládaný) čtyřmi spodními bity adresového byte každé desky „Výběr vstupu“. Výstupy vstupních přepínačů jsou dále přivedeny na „výstupní“ - opět dvoupólový – spínač „Výběr desky“ – opět relé. Tento spínač se ovládá nastavením jeho adresy pomocí čtyř horních bitů adresového byte. V případě, že používáme pouze jednu desku, nemusíme se adresou desky zabývat. Při použití více desek – vzhledem k počtu čtyř adresních bitů výběru desky až šestnácti, má každá deska svou vlastní (nastavenou pomocí přepínače) adresu. Zapojení více těchto desek – z důvodu potřeby většího počtu vstupů než 2×16 – se provede tak, že se výstupy OUTH a OUTL jednotlivých desek jsou spojeny paralelně. Pouze ta deska, jejíž adresa je totožná (0-15) s horní polovinou adresního byte „Výběr desky“, má sepnutý „výstupní“ dvoupólový spínač a přenáší na společný výstup jeden z nadresovaných vstupů.

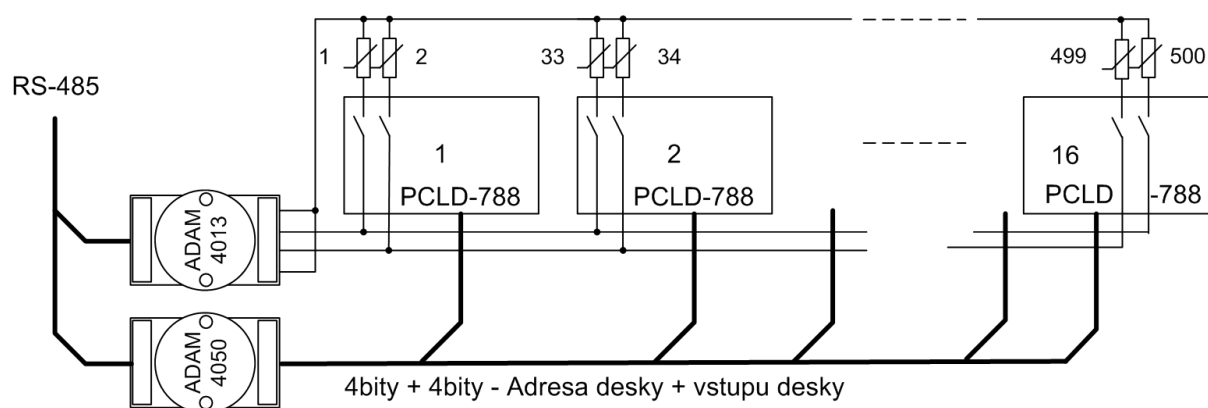
Poznamenejme zde, že použití tohoto multiplexoru nemusí být pouze jednosměrné, ale může pracovat i v opačném směru – pokud to má samozřejmě význam. Pro použití tohoto multiplexoru tedy potřebujeme zajistit adresu vstupu a případně adresu desky (výběr desky). Jedná se o binární signály TTL, které můžeme generovat způsoby popsány v kapitole popisující binární výstupy.

(Konec poznámky)

Příkladem aplikace využívající popsaného multiplexoru je měření teploty ve větším počtu měřicích míst. Problém spočíval v dálkovém měření teploty v 500 měřicích místech za použití odporových teploměrů Pt100.

Pro měření 500 teplot potřebujeme 500 vstupů, tedy požadovaný počet multiplexorů PCLD-788 je: $500/32=15.6$, tedy 16 desek. K adresování desek (horní 4bity) a vstupu desky (dolní 4bity) adresního byte, je použit modul digitálních výstupů ADAM-4050 s osmi binárními výstupy. K celkové adresaci je tedy zapotřebí osmi bitů, což modul digitálních vstupů a výstupů ADAM-4050 poskytuje. K měření teploty pomocí Pt100 je použit modul ADAM-4013 (nebo podobný).

Zjednodušené blokové schéma celé aplikace je zachyceno na Obr. 4.26. Protože teploměry mají jeden konec společný, je zde využito vždy obou kontaktů dvoupólového vstupu (jedná se vlastně o typ Form A) a je připojeno třicet dva teploměrů k jedné desce multiplexoru. Současně jsou tedy naadresovány (vybrány) vždy dva sousední teploměry a změřeny.



Obr. 4.26 Principiální blokové schéma měření 500 odporových teploměrů Pt100 připojených multiplexory PCLD-788 na modul ADAM-4013.



Řešený příklad

Zadání: Připojte tenzometrický můstek a měřte jeho výstupní signál. Navrhněte dvě varianty řešení.

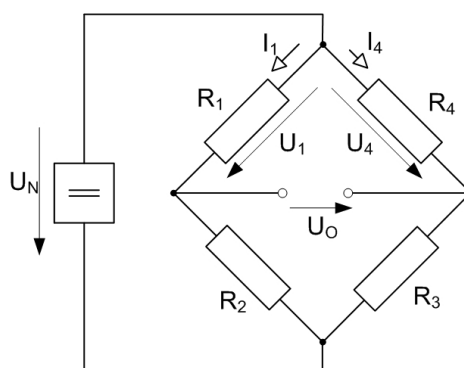
Měření řady fyzikálních veličin (tlak, síla, hmotnost, délka atd.) je založeno na použití tenzometrů. Princip měření je založen na působení měřené veličiny na tenzometr, u kterého (u kterých) dojde ke změně jeho odporu. Pomocí tenzometrických čidel lze měřit všechny fyzikální veličiny, které se projevují deformací materiálu. Jedná se však o velice malé změny odporu. Pro jejich vyhodnocení (měření) se používá řada měřicích zapojení. Nejznámější a nejrozšířenější je Wheatstonův most – viz Obr. 4.27. Měření je založeno na tzv. „rozvážení“ mostu, kdy dojde ke změně – jinak nulového – napětí U_O . Vztah pro U_O je:

$$U_O = \frac{U_N}{4} \left(\frac{R_1}{R_2} - \frac{R_3}{R_4} \right)$$

Na pozicích odporů mostu jsou pak měřicí tenzometry. Podle jejich počtu pak hovoříme o čtvrtmostu, polovičním mostu a plném mostu.

Pro realizaci měření je mimo vlastní most zajistit: **napájení mostu**¹⁹, na obrázku se jedná o napětí U_N . To bývá do cca 10V (při velikosti odporu tenzometrů 120Ω) a je potřeba stanovení jeho velikosti rozumět a věnovat pozornost s ohledem na sekundární ohřev tenzometrů. Dále je potřeba **změřit výstupní napětí mostu** U_O , které však bývá v jednotkách milivolt (případně nižší) a vyžaduje tedy před vlastní digitalizací A/D převodníkem značné zesílení.

¹⁹ Most může být napájen i z proudového zdroje a v některých aplikacích se používá střídavé napětí.

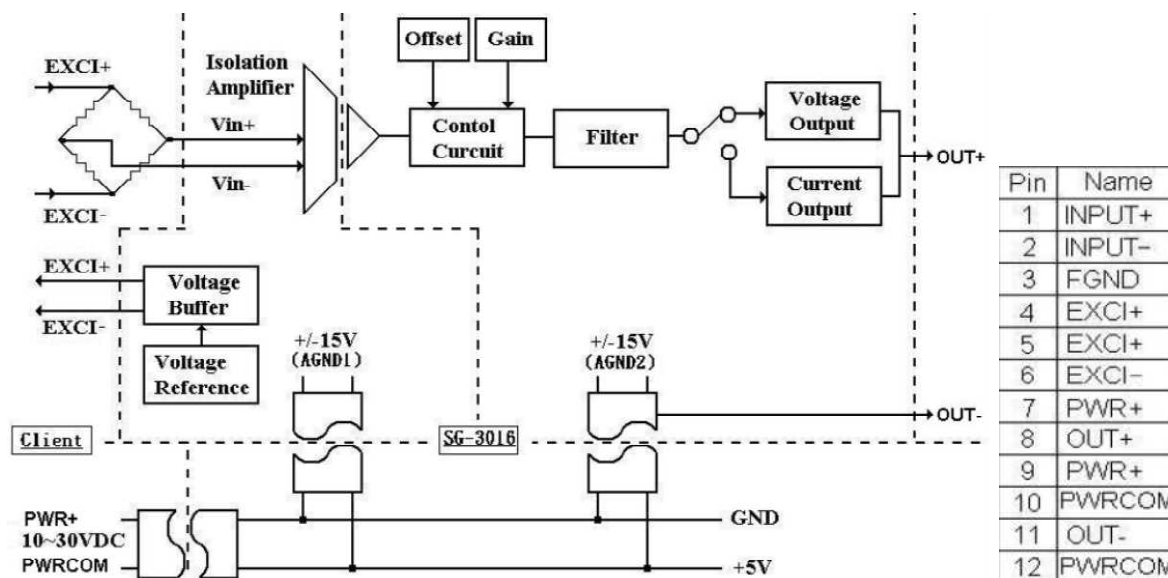


Obr. 4.27 Zapojení Wheatstonova mostu.

Návrh zapojení:

V **první variantě** pro měření pomocí senzoru s tenzometrickým mostem (obecně ale s jakýmkoli odporovým mostem) použijeme modulu k tomu účelu vyráběnému. Jeho úkolem tedy musí být: zajistit napájení můstku a zesílení výstupního napětí můstku plus jeho případná digitalizace. Zde použijeme řešení využívající modulu úpravy signálu SG-3016 – určeného pro můstková měření. Tento modul zajistí napájení mostu a zesílení jeho výstupního napětí.

SG-3016 je modul pro připojení tenzometrického mostu zajišťující napájení mostu v rozsahu 1-10V do proudu 20mA. Výstupní diagonální napětí mostu je zesíleno zesilovačem s nastavitelným zesílením až 1000 (pomocí DIP přepínačů). Výstupní signál je možno volit napětový bipolární nebo unipolární, případně proudový (0-20mA). Horní šířka pásma je cca 600Hz. Modul se upevňuje na standardní DIN lištu. Zesílený výstupní signál je možné dále digitalizovat A/D kartou. Jednotka se napájí nestabilizovaným stejnosměrným napětím v rozsahu 10 – 30 V. Poznamenejme ještě, že modul má optoizolované vstupní, výstupní a napájecí obvody.



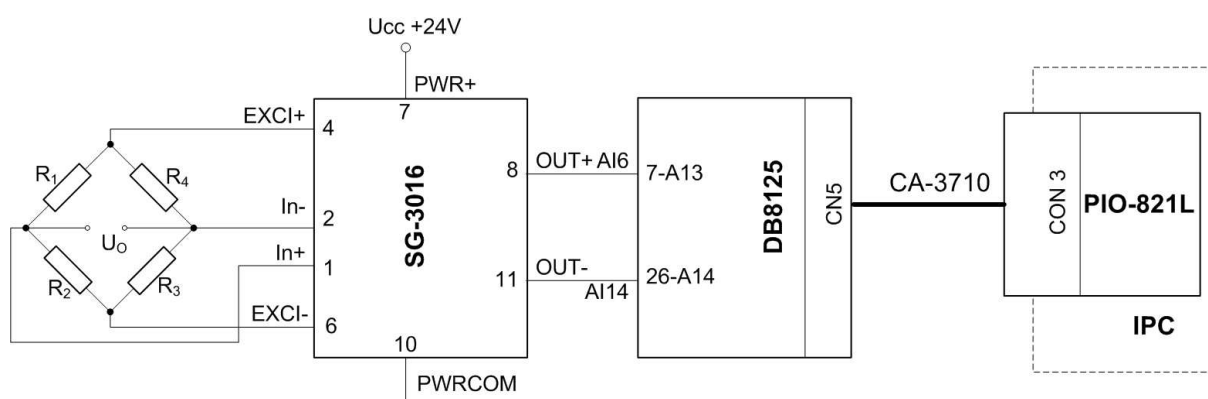
Obr. 4.28 Blokové schéma modulu SG-3016, včetně popisu svorkovnice.

Výstupní signál z modulu: OUT+ a OUT- připojíme na vstup A/D karty (respektive prostřednictvím dceřiné desky). Jako měřicí kartu zvolme PIO-812 (foto a popis svorkovnice viz Obr. 4.19) a dceřinou desku – svorkovnici – DB8125 (popis viz Obr. 4.20).

Popis zapojení:

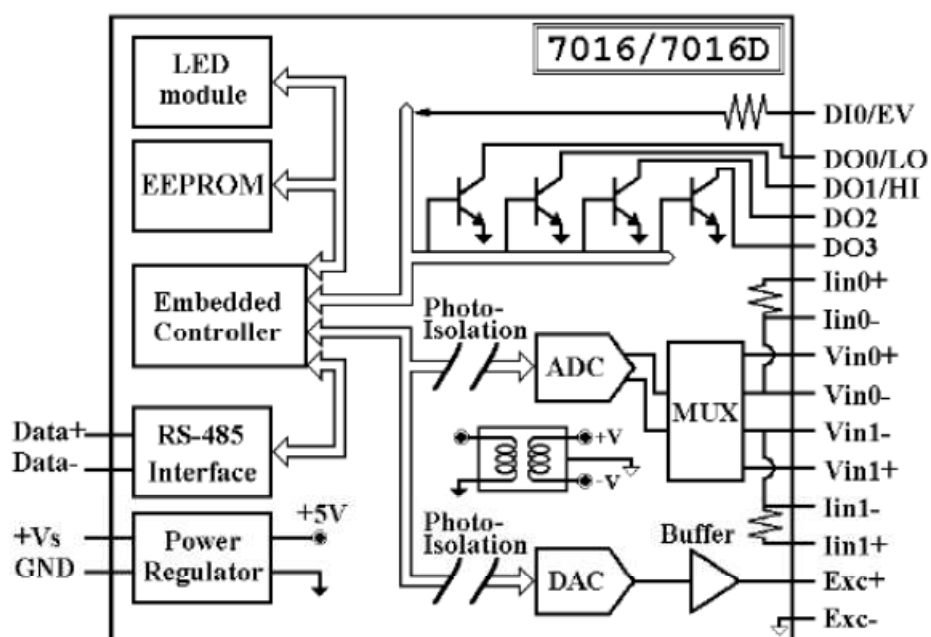
Vlastní měřicí most je připojen k modulu SG-3016, kterým je napájen – EXCI+ a EXCI-. Výstupní napětí mostu je připojeno na vstupy In+ a In-, dále zesíleno a vyvedeno na výstup OUT+ a OUT-. Poznamenejme, že výstup je možno pomocí vnitřních DIP spínačů nastavit jako napěťový bipolární nebo unipolární, nebo proudový. Rovněž velikost zesílení a napájecího napětí se nastavuje příslušnými DIP spínači.

Napěťový výstup je dále veden – prostřednictvím svorkovnice DB8125 – na diferenciální vstup A/D převodníku AI6-AI14, karty PIO-821L. Na svorkovnici se jedná o svorky A13 a A14. V případě větší vzdálenosti mezi modulem SG-3016 a svorkovnicí by bylo vhodné zvážit použití proudového výstupu modulu SG-3016.

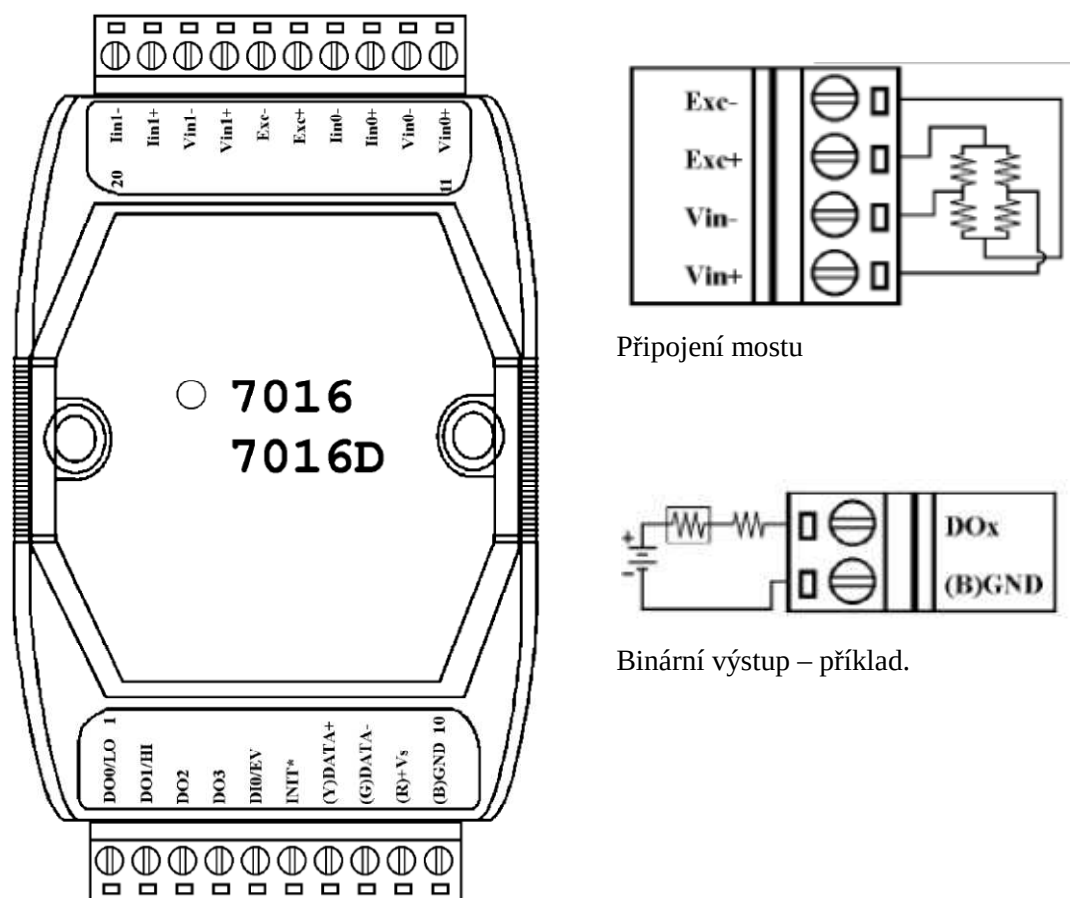


Obr. 4.29 Schéma zapojení tenzometrického měření pomocí modulu SG-3016, dceřiné desky (svorkovnice) a měřicí karty PIO-821L.

Druhá varianta používá modul distribuovaného sběru dat I7016 výrobce ICP DAS. Tento modul je podobný výše popsanému modulu pro úpravu/přizpůsobení signálu SG-3016 s tím, že navíc přidává vyhodnocovací část: A/D převodník a DIO. Modulu I-7016 obsahuje obvody pro připojení dvou tenzometrických mostů (se společným napájením) – viz Obr. 4.30. Vzhledem k maximálnímu počtu pěti měření za sekundu, je tento modul určen pro statická měření! Použití binárních výstupů typu otevřený kolektor – DO – u tohoto modulu umožňuje jeho v podstatě autonomní režim, kdy po nastavení základních parametrů (viz manuál) může prostřednictvím těchto binárních výstupů (vždy dva pro jeden tenzometrický most) signalizovat překročení předem nastavených hraničních/limitních hodnot vstupu. Lze si představit, že se může např. jednat o signalizaci překročení krouticího momentu (připojený tenzometrický most by byl zapojen pro měření krouticího momentu) a podobně. Tyto výstupy se nazývají příhodně: LO – „Low limit“ a HI – „High limit“. Zapojení svorkovnice modulu včetně napojení tenzometrického mostu a binárního výstupu je znázorněno na Obr. 4.31.



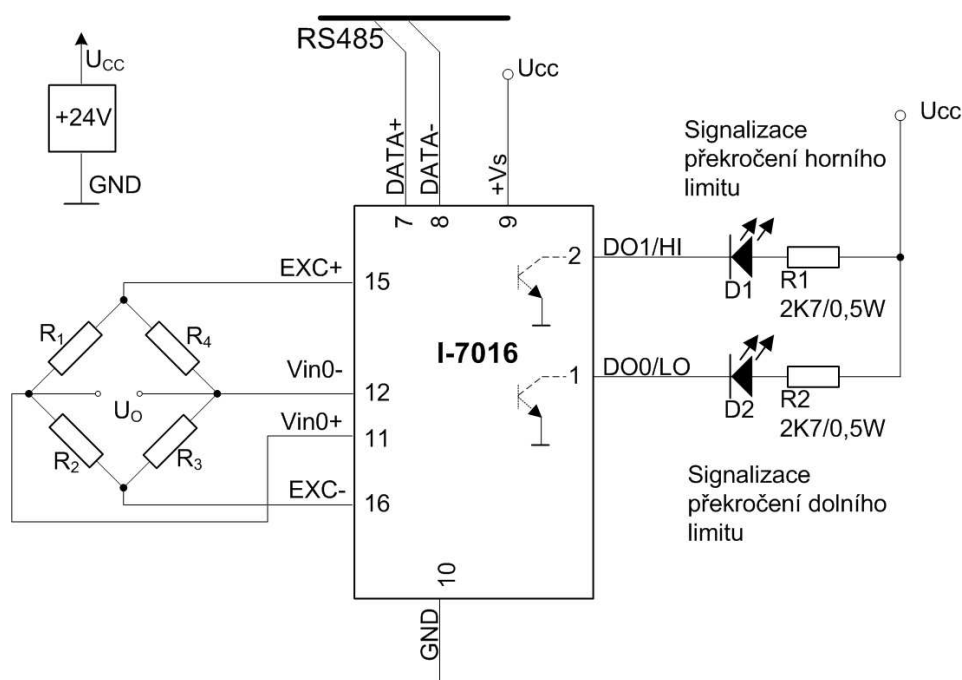
Obr. 4.30 Blokové schéma modulu I-7016.



Obr. 4.31 Svorkovnice modulu I-7016, připojení mostu a DO.

Popis zapojení:

Tenzometrický měřicí most je připojen k napájecím svorkám EXC+ a EXC- modulu I-7016 – viz zapojení na Obr. 4.32. Výstupní napětí mostu je připojeno na svorky prvního vstupu Vin0+ a Vin0-. Velikost napájecího napětí mostu i zesílení, se nastavují programově prostřednictvím příkazů zaslaných přes linku RS485. Změřená hodnota je porovnávána s předem nastavenými hodnotami pro horní a dolní limitní hodnoty a při jejich překročení je aktivován příslušný binární výstup DO1/HI a DO0/LO – dojde k aktivaci (rozsvícení) příslušné indikační LED diody²⁰.



Obr. 4.32 Schéma zapojení tenzometrického měření pomocí modulu I-7016 včetně jednoduché vizualizace překročení limitních hodnot pomocí LED diod.

4.2.6 Program tenzometrie

SW Program

Pro praktické seznámení s modulem určeným pro tenzometrická měření je navržen program „ADAM4016“. Tento program je součástí laboratorní úlohy.

²⁰ Poznamenejme, že aktivní logickou úroveň binárních výstupů je možno nastavit programově a tím určit, kdy se mají LED diody rozsvítit. Zda při překročení limitu, nebo uvnitř limitu.



Úlohy k řešení 4.2.

Předpokládejte, že máte k dispozici senzor tlaku, který je osazen tenzometrickým mostem. Ten je však napájen z vnitřních obvodů senzoru a má diferenciální analogový výstup. Připojte tento senzor na analogový vstup. Jedná se o senzor s odezvou cca 1kHz.



Shrnutí pojmů 4.1.

- Pro převod signálů senzorů s analogovým výstupem (ten může být napěťový nebo proudový) do číslicové podoby se používají analogově/digitální (A/D) převodníky.
- Mezi typické senzory s analogovým výstupem, nebo s převodem na analogový signál patří: termočlánky, odporové teploměry, senzory osvětlení, senzory plynů, kapalin, akcelerometry, inklinometry, senzory polohy, tlaku, tenzometry (můstková měření), bezkontaktní senzory měření vzdálenosti a celá řada dalších.
- Vstupní signál A/D převodníku bývá bipolární nebo unipolární napěťový, nebo méně často proudový.
- Vstupy A/D převodníkové karty /modulu) bývají se společnou zemí – SE a/nebo diferenciální (rozdílové, symetrické) DIFF.
- A/D převodník je charakterizován zejména principem převodu, počtem bitů, rozsahem a rychlostí převodu.
- Rozlišitelnost bývá vyjádřena hodnotou LSB bitu:
$$\text{———} [V], \text{ nebo méně často } [A]$$
- Funkcí D/A převodníku je převod binárního čísla na analogový signál. Tím bývá nejčastěji napětí, méně často proud. Výstup může být – podobně jako vstup u A/D převodníku – unipolární, nebo bipolární.
- Multifunkční měřicí karta zpravidla obsahuje analogové i binární vstupy/výstupy, včetně čítačů a časovačů.
- Pro napojení vstupních/výstupních signálů na měřicí kartu potřebujeme zpravidla externí dceřinou/montážní desku, která je vybavena svorkovnicí.
- Montážní deska obsahující senzor teploty, je také vhodná pro připojení termočlánků.
- Zvětšení počtu měřicích vstupů je možné také pomocí externí desky multiplexoru.



Otázky 4.1.

1. Co je úkolem A/D převodníku?
2. Jaké základní typy A/D převodníků používáme? Seřadte je podle vybraného parametru.
3. Jaké jsou základní vlastnosti A/D převodníků?
4. Vysvětlete rozdíl mezi SE a DIFF vstupem.
5. Jaký je rozdíl mezi unipolárním a bipolárním vstupem A/D převodníku?
6. Co je to LSB u A/D převodníku a jaký má rozměr?
7. Co je to MSB u A/D převodníku?
8. Pomocí jakého vztahu určíme počet bitů A/D převodníku s ohledem na požadované rozlišení?
9. Jakým způsobem je možné připojit na napěťový vstup A/D převodníku proudovou smyčku?
10. Jaký význam má multiplexor na vstupu měřicí A/D karty (modulu)?
11. Co znamená údaj v katalogu u A/D karty: 16SE/8DIFF?
12. Co je to doba převodu? Proč nás zajímá při výběru vhodného typu A/D převodníku?
13. Vysvětlete princip činnosti kompenzačního A/D převodníku. Jaká „finta“ urychluje proces převodu?
14. Vysvětlete princip integračního A/D převodníku. Jaké parametry jsou konstantní?
15. Co je D/A převodník a k čemu se používá. Nakreslete jeho převodní charakteristiku.
16. Jaký význam má parametr LSB u D/A převodníku?
17. Jaké typy D/A výstupů může mít D/A karta/modul?
18. K čemu slouží moduly úpravy analogových signálů? Uveďte příklady.
19. Proč jsou některé montážní desky (svorkovnice) určené pro A/D vstupy vybaveny teplotním senzorem?
20. K čemu je určena deska /modul) multiplexoru?
21. Některé karty bývají označovány jako „multifunkční“. Co to znamená?
22. Některé moduly distribuovaných A/D vstupů (např. řady ADAM-4000, I-7000) jsou vybaveny také binárními výstupy nazvanými např. High limit, Low limit. Jaké je určení těchto výstupů?
23. Dokážete nakreslit základní blokové schéma multifunkční měřicí karty?

5 ZÁVĚR

V současné době jsou kladeny stále větší požadavky na strojní konstruktéry a projektanty, aby jimi navrhovaná zařízení byla spolehlivá, levná a konkurenceschopná. Tato zařízení mají stále více charakter typický pro mechatronický systém, kdy se v něm v různé míře prolínají prvky strojní, elektrotechniky/elektroniky a řízení. Návrh současných moderních zařízení si lze těžko představit bez vzájemné synergie výše uvedených prvků. Není možné samozřejmě očekávat, že strojní konstruktér zvládne mimo špičkového strojního návrhu i návrh řídicího a senzorického subsystému daného zařízení, ale bude pro něho určitě přínosné, když se v základní problematice návrhu řídicího systému spodní úrovně dokáže orientovat.

Předložený text poskytuje základní informace nutné pro návrh, respektive specifikaci komponent řídicího systému spodní úrovně, který je bezprostředně navázán na řízený objekt, zařízení. Z široké nabídky typů řídicích systémů používaných pro spodní úroveň řízení jsou zde popisovány řídicí systémy na bázi průmyslových PC neboli IPC. Jejich použití je v současnosti stále více prosazované z důvodů jejich univerzálnosti, výkonnosti a v poslední řadě také přívětivosti a dostupnosti softwarových vývojových nástrojů.

V úvodu textu jsou popsány základní typy průmyslových PC, od řešení vhodná do průmyslu, až po miniaturní systémy vhodné pro zabudování do řízeného systému s různými nároky na mechanickou odolnost.

Následující kapitola je věnována **technické realizaci** nejjednodušších typů vazeb mezi technologickou úrovní - představovanou senzory a akčními členy - a spodní úrovní řízení. Jedná se o dvouhodnotové vstupy a výstupy, představované senzory s dvouhodnotovým výstupem a akčním členem ovládaným rovněž dvouhodnotově. V textu je uvedena řada konkrétních návrhů typických pro tuto oblast. Součástí této kapitoly je také popis pulzních vstupů a výstupů, které se také často používají.

Další část je věnována opět technické realizaci vazby mezi technologickou vrstvou a spodní úrovní řízení, nyní ale v analogové – tedy spojitě- oblasti. Ta je představována na straně technologie, senzory s analogovým výstupem a akčními členy s analogovým vstupem. Na straně řídicího systému pak musíme zajistit připojení na tyto senzory/akční členy pomocí A/D a D/A převodníků. Jsou zde tedy popsány základní typy A/D převodníků s cílem porozumět jejich vlastnostem a umět se správně rozhodnout při jejich výběru. Text je doplněn řadou konkrétních příkladů vazeb na analogové signály, včetně řešení problematiky spojené s úpravou/přizpůsobením těchto vstupních signálů.

Součástí výkladu je praktické ověření funkce základních typů modulů binárních a analogových vstupů a výstupů v laboratoři. Celkem je k dispozici 6 úloh pro práci s binárními vstupy, výstupy, reléovým výstupem, analogovými vstupy - měření napětí, měření teploty termočlánkem, měření na tenzometrickém můstku a analogové výstupy – napětí.

Ve vlastním textu je upozorňováno na odborné názvosloví a zkratky používané v katalozích a manuálech dílů řídicích systémů (jako jsou karty/moduly binárních vstupů a výstupů, A/D a D/A převodníky atd.).

Vzhledem k omezenému rozsahu tohoto textu zde nebyly zmíněny další důležité informace týkající se návrhu řídicích systémů spodní úrovně na bázi IPC, jako jsou:

- činnost systému v náročných klimatických podmínkách (zejména teplota),
- způsoby zajišťující monitorování korektního běhu počítače a programu (např. obvody WDT),
- specializované moduly/karty pro jedno a vícero řízení pohonů,
- základní komunikační rozhraní používaná v této oblasti.

6 DALŠÍ ZDROJE



Další zdroje

Seznam další literatury, www odkazů apod., pro zájemce o dobrovolné rozšíření znalostí popisované problematiky.

- [1] Advantech *ADAM 4000 Series User's Manual*. (Uživatelský manuál Advantech), Taiwan: Advantech, 1997.
- [2] PC/104 consortium - <http://www.pc104.org>
- [3] <http://www.pc104.com>
- [4] <http://www.rtd.com>
- [5] VOJÁČEK, A.: Základní typy jednodeskových počítačů - Embedded SBC (<http://automatizace.hw.cz/plc-autamaty/ART305-zakladni-typy-jednodeskovych-pocitacu--embedded-sbc.html>)
- [6] <http://www.acrosser.com>
- [7] <http://www.icpamerica.com>
- [8] <http://www.ieiworld.com/>
- [9] <http://www.adlinktech.com/>
- [10] <http://www.icpdas.com>
- [11] <http://www.kotlin.cz/>
- [12] <http://www.opto22.com>
- [13] http://www.uzimex.cz/soubory/20090529_ads50-10_cz.pdf
- [14] Screw Terminal Boards for PC based I/O Boards (Daughter Boards) (http://www.icpdas.com/products/DAQ/pc_based/pc_based_io.htm#4)
- [15] Pololu1186: (<http://www.pololu.com/catalog/product/1186%20target=>)
- [16] SG-3011: (<http://www.icpdas.com/products/DAQ/signal/sg-3011.htm>)
- [17] National Instruments: *Measuring Strain with Strain Gages – tutorial*. (<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/3642>)
- [18] Advantech *PCL-812PG, Enhanced Multi-Lab Card*. (manuál k multifunkční kartě PCL-812-PG), Taiwan: Advantech, 1994, 173 p.
- [19] Sigma-delta converters: (<http://www.numerix-dsp.com/appsnotes/APR8-sigma-delta.pdf>)
- [20] katalog Sick/Stegmann – irc senzor DKS40 (<http://www.compel.ru/pdf/SICK/DKS40.pdf>)
- [21] VRBA, K. a kol.: *Teorie vzájemného převodu analogového a číslicového signálu*. Skriptum VUT Brno, 131 s., 2006
- [22] Advantech *PCL-818L User's Manual*. (Uživatelský manuál), Taiwan: Advantech, 1995.
- [23] <http://www.omegaoptics.com/Technology%20-%20Backplane.asp>
- [24] ICP *Icp – Design & Manufacture* (katalog). Taiwan: ICP, 2010.
- [25] NOVÁK, P. a NOSKIEVIČ, P. a KLEN, P. Řídicí systém pódiových stolů ve Smetanově síni v Obecním domě v Praze. In *XX.Seminář ASŘ 97- Počítače v měření, diagnostice a řízení, mechatronika*“ (sborník). Ostrava: VŠB-TUO, 1997, s. 36/1-7, ISBN 80-02-01153-8.

- [26] NOVÁK, P. Řídicí systém automatického řízení pohybu navařovací hubice při renovaci exponovaných míst kolejnic navařováním. In *XX.Seminář ASŘ 97- Počítače v měření, diagnostice a řízení, mechatronika*“ (sborník). Ostrava: VŠB-TUO, 1997, s. 24/1-3, ISBN 80-02-01153-8.
- [27] ŽÁČEK, J. Elektromagnetická kompatibilita a projektování elektrotechnických systémů. In *Automatizace* (časopis), 1998, č. 1, s. 10-16.
- [28] Mite: (<http://www.mite.cz>)
- [29] FIREMNÍ ČLÁNEK. Měření teploty v silech. In *Automa* (časopis) 1999, č. 5-6, s.32.