

Periferní jednotky modulární stavebnice PROMOS

Uživatelský popis



Polepská 724, 28000 KOLÍN
tel/fax 0321 27753

verze 3.13 6/00

©1998 sdružení ELSACO
3. vydání, říjen 1998
VP8

Účelová publikace ELSACO

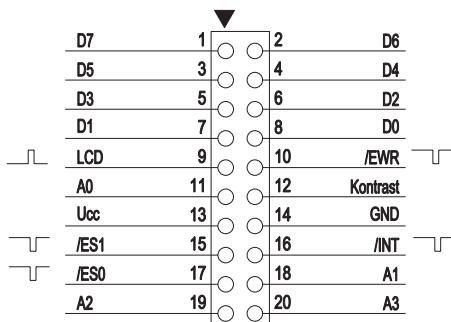
ELSACO, Polepská 724, 280 00 Kolín

tel./fax 0321 27753
www.elsaco.cz

1. Sběrnice a připojení periferních jednotek

1.1 Paralelní sběrnice centrální jednotky

Pro spojení centrální jednotky a periferních modulů slouží paralelní expanzní sběrnice. Ve skutečnosti se jedná o velmi jednoduchý paralelní osmibitový kanál, který navazuje na I/O sběrnici mikroprocesoru centrální jednotky. Na centrální jednotce (např. SBPS-01) jsou všechny signály sběrnice vyvedeny na 20-ti kolíkový konektor X13.



Obr. 1.1 Zapojení sběrnicového konektoru

D0÷D7	obousměrná datová sběrnice
A0÷A3	adresy pro výběr jednotek
$\overline{\text{EWR}}$	zápisový signál
$\overline{\text{INT}}$	signál čtení / přerušení
$\overline{\text{ES0}}, \overline{\text{ES1}}$	signály pro výběr periferních modulů
LCD	signál pro výběr LCD displejů
Kontrast	napětí pro řízení kontrastu LCD
Ucc	napájecí napětí 5V centrální jednotky
GND	společný vodič

Při zápisu centrální jednotka nastaví adresy, data, zápisový signál a vydá výběrový puls ($\overline{\text{ES0}}$, $\overline{\text{ES1}}$ nebo LCD). Při čtení centrální jednotka nastaví adresy a vydá výběrový signál. Periferní jednotka musí vydat na sběrnici platná data do ukončení výběrového signálu.

Každý cyklus sběrnice je zpomalen vložení min. 7 čekacích taktů T_w (min. 1 takt T_w vkládá sám mikroprocesor Z180 pro externí I/O operace a

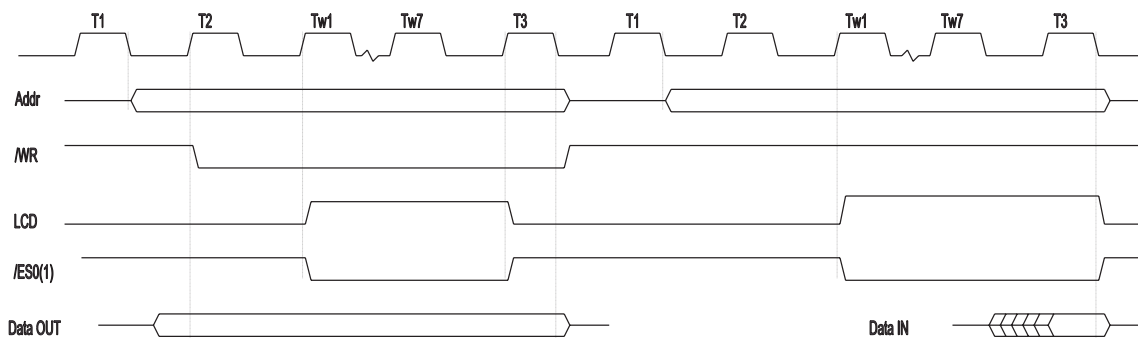
6 taktů vkládá řídicí obvod GAL). Tím je zajištěna prodleva cca 500ns pro uklidnění adresových a datových signálů i na delších vodičích, což při vhodném impedančním zakončení zajišťuje spolehlivý provoz sběrnice. Cyklus čtení a zápisu je zřejmý z časového diagramu.

Ze strany centrální jednotky je periferní sběrnice obsluhována jako I/O port. Nejnižší čtyři bity I/O adresy jsou vedeny na signály A0÷A3. Podle horních adresních bitů jsou generovány výběrové signály LCD, $\overline{\text{ES0}}$ a $\overline{\text{ES1}}$:

adresa	aktivní signál
7CH÷7FH	LCD
80H÷8FH	$\overline{\text{ES0}}$
90H÷9FH	$\overline{\text{ES1}}$
FFH	$\overline{\text{ES0}}$ i $\overline{\text{ES1}}$ (blokování výstupů)

Signál LCD je určen pro výběr inteligentních LCD zobrazovačů, signály $\overline{\text{ES0}}$ a $\overline{\text{ES1}}$ jsou určeny pro výběr periferních jednotek. Speciálním případem je zápis na adresu FFH, který vyvolá vydání obou výběrových signálů $\overline{\text{ES0}}$ i $\overline{\text{ES1}}$. Tento stav vyhodnocují výstupní periferní jednotky a zablokují svoje výstupy. Aktivaci obou výběrových signálů vyvolává také výpadek obvodu WD na výstupní periferní jednotce (pokud je propojkou povoleno vydání tohoto stavu na sběrnici), čímž se zablokují výstupy také ostatních periferních jednotek.

Vodič GND je sběrnicový společný vodič. Nesmí být zatížen proudem pro napájení připojených periferních modulů. Napájecí napětí 5V na sběrnicovém konektoru je určeno pouze pro napájení přímo připojených LCD displejů (odběr nesmí překročit 50mA). Všechny periferní jednotky mají vlastní napájecí stabilizátory, napájecí napětí a společný vodič jsou připojeny na napájecí svorky každé jednotky.

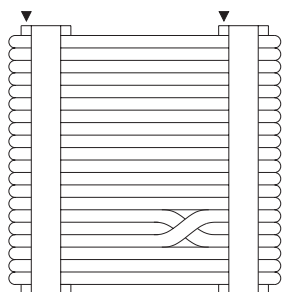


Obr. 1.2 Časový diagram čtení/zápisu na sběrnici

1.2 Připojení periferních jednotek na paralelní sběrnici

Periferní moduly mají obvykle sběrnicové konektory z obou stran desky, sběrnice je mezi nimi protažena na plošném spoji. Oba konektory jsou zcela rovnocenné, při zpojování sběrnice není podstatné, který konektor je „blíže“ k centrální jednotce. Spojení konektorů centrální jednotky a periferních modulů se provádí plochým vodičem se zařezávacími konektory typu PFL. Pro snížení zámitů a odrazů je nutno sběrnicové vedení impedančně zakončit. K tomuto účelu se používá zakončovací člen (terminátor) PBT-01, který se umísťuje obvykle do nejdálčenějšího konce sběrnice.

Doporučený způsob propojení sběrnice je „lineární“, tzn. k centrální jednotce jsou za sebou připojeny jednotlivé moduly a volný konektor posledního modulu je osazen terminátorem. Uvedený způsob zapojení sběrnice ukazuje obrázek

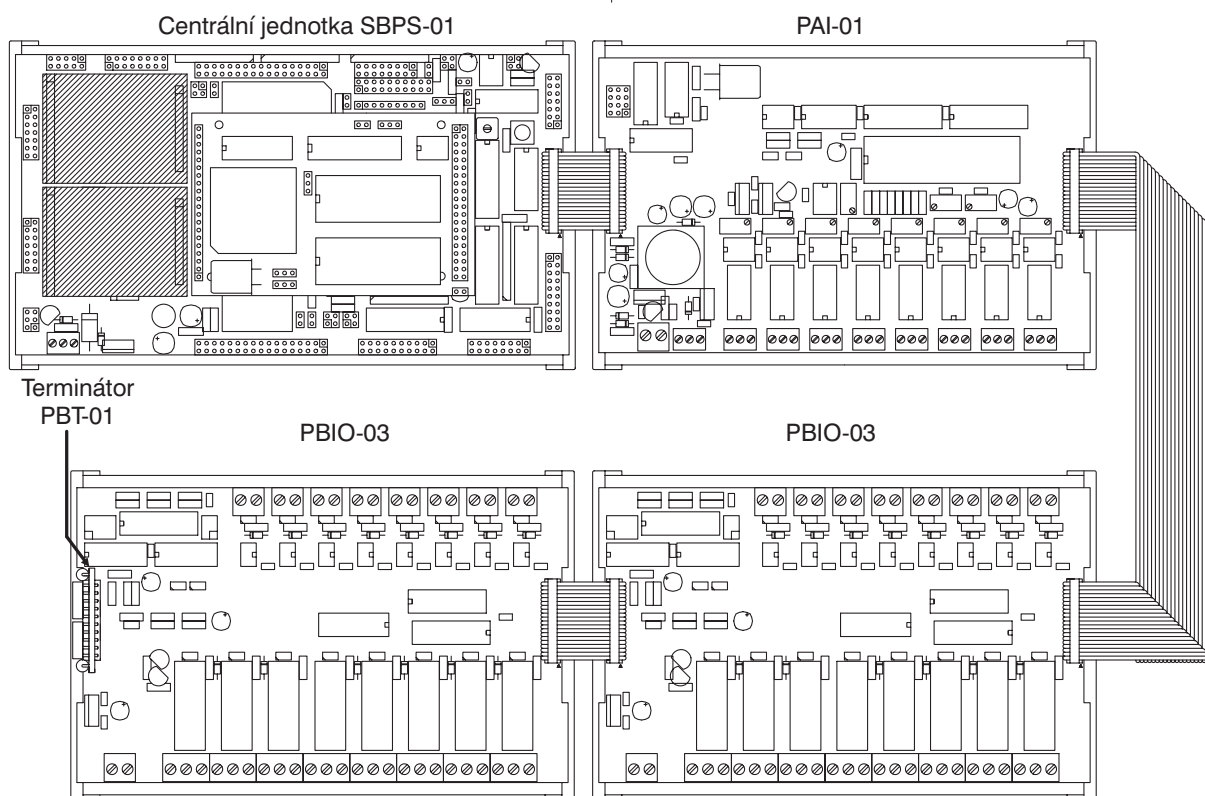


Obr. 1.4 Kabel s křížením výběrových signálů

1.3. Při zástavbě systému do skříně nebo rozvaděče se obvykle periferní moduly umísťují v několika řadách. Délku spojovacích vodičů je však vhodné minimalizovat. Sběrnice kabel nesmí být veden v bezprostřední blízkosti silových vodičů a jiných zdrojů rušení (jiskřící kontakty, tyristorové měniče ap.).

Na napájecí svorky připojených periferních modulů musí být vnějšími vodiči přivedeno napájecí napětí a společný napájecí vodič. Je vhodné, aby periferní jednotky s relé byly napájeny z oddělené sekce napájecího zdroje, protože spínání více relé současně způsobuje proudové rázy a špičkové poklesy napájecího napětí. Pokud napájecí napětí poklesne pod 8V, identifikuje hlídací obvod centrální jednotky tento stav jako „power fail“ a vydá nemaskovatelné přerušení NMI (napájecí zdroj PWM-04 má pro napájení centrální oddělenou sekci).

Periferní jednotky standardně pro výběr používají signál ES0. Při normálním propojení sběrnice lze tedy pro periferní jednotky použít 16 adres (na centrální jednotce zobrazených jako 80÷8FH). Pro vytváření větších sestav a využití druhé poloviny adresové oblasti (90÷9FH) je možné ve spojovacím kabelu v některém místě prokřížit signály ES0 a ES1 (špičky 15 a 17 kabelu), segment sběrnice vzdálenější od centrální jednotky bude adresován v prostoru 90÷9FH.

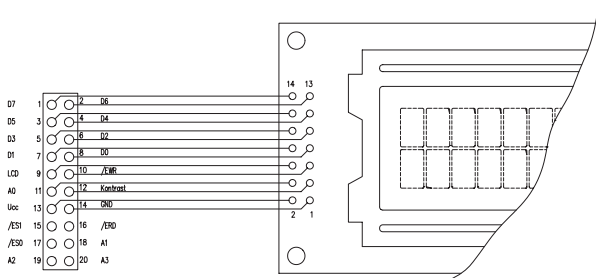


Obr. 1.3 Příklad zapojení sestavy

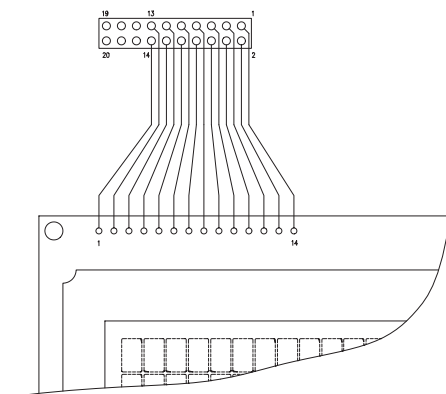
1.3 Přímé připojení LCD displeje na paralelní sběrnici

Čtyři vyhrazené adresy umožňují adresovat všechny běžné LCD řadiče (2x16, 2x20, 4x20, 4x40 znaků). Pro výběr se používá sběrnice signál LCD. Pro napájení displeje je možné použít napájecí napětí 5V centrální jednotky, které je vyvedeno na konektoru, pro nastavení optimálního

kontrastu je možné použít potenciometr na centrální jednotce, kterým se nastavuje napětí na sběrnice vodiči Kontrast. Pro běžné typy displejů je možné použít přímo dolních 14 špiček sběrnice konektoru. Kabel se připojuje bez křížení vodičů na jednořadý i dvouřadý konektor.



Obr. 1.5 Připojení displeje s dvouřadým konektorem



Obr. 1.6 Připojení displeje s jednořadým konektorem

1.4 Synchronní sériová sběrnice

Synchronní sériová sběrnice využívá synchronní sériový port (CSI/O) obvodu Z180. Na rozdíl od paralelní sběrnice umožňuje sériové rozhraní připojení na větší vzdálenosti (až stovky metrů).

Komunikace na synchronním sériovém kanálu probíhá výhradně způsobem Master-Slave. Master (řídící stanice) je vždy centrální jednotka a Slave (podřízená stanice) mohou být periferní jednotky se synchronním kanálem (např. PAO-01) nebo sériový expander (SBPS-03). Po synchronní sběrnici jsou předávána data a zároveň i hodinové synchronizační signály, takže rychlost přenosu určuje pouze centrální jednotka.

Zapojení konektoru na centrální jednotce uvádí obrázek 1.7 Signály jsou vyvedeny diferencially v

úrovňích rozhraní RS422. Význam použitých signálů je následující:

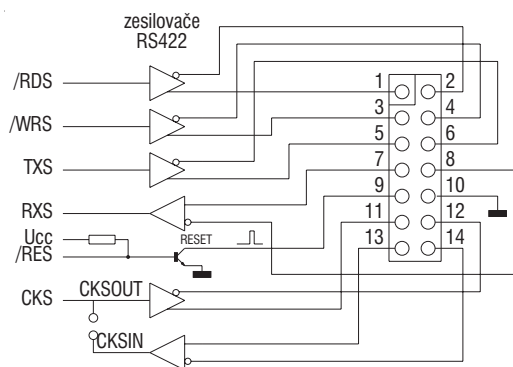
RDS (ReadStrobe) strobovací signál speciální obsluhy. Pro komunikaci s periferními jednotkami není využit.

WRS (WriteStrobe) strobovací signál zápisu. Používá se k přepnutí podřízené stanice na vysílání a k identifikaci ukončení zprávy.

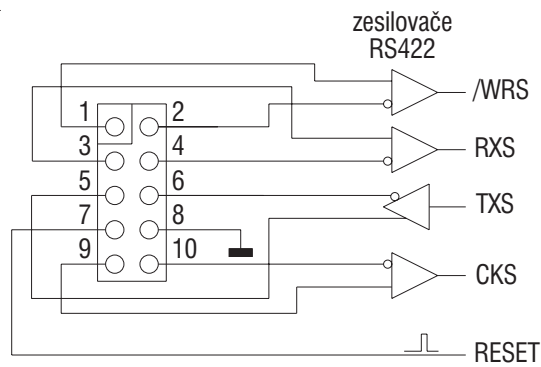
TXS (Transmit Data) data vysílaná z centrální jednotky.

RXS (Received Data) data přijímaná do centrální jednotky.

CKSOUT (Clock Serial Out) výstup synchronizačního signálu (hodin). Při běžné komunikaci synchronizační signál vydává centrální jednotka jak při vysílání, tak i při příjmu dat. Podřízené jednotky používají



Obr. 1.7 Synchronní kanál centrální jednotky



Obr. 1.8 Synchronní kanál periferní jednotky

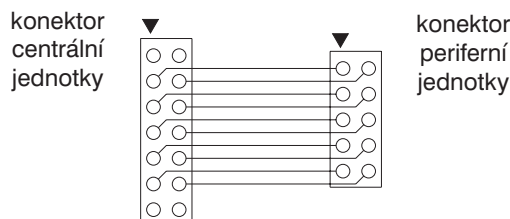
tento signál k řízení přijímacího a vysílacího posuvného registru.

CKSIN (Cloc Serial In) vstup externího synchronizačního signálu. Pro běžnou komunikaci se nevyužívá, je vyhrazen pro speciální použití.

RES (Reset) výstup Reset centrální jednotky na sběrnici. Signál je na centrální jednotce řízen tranzistorem s otevřeným kolektorem. Pokud je centrální jednotka pracuje, je tranzistor sepnut na společnou zem (pin 10). Signál umožňuje podřízeným stanicím detekovat inicializaci, výpadek WatchDog nebo výpadek napájení centrální jednotky.

Periferní jednotky obvykle používají 10-pinový konektor (viz obr. 1.). Rozložení signálů je obdobné. Při spojení 16-pinového konektoru centrální jednotky s 10-pinovým konektorem periferní jednotky podle obrázku je zajištěno správné propojení vysílače s přijímači. Pro spojení na kratší vzdálenosti (desítky metrů) je možné použít běžný plochý kabel, pro delší vzdálenosti je vhodný kabel s kroucenými páry. Signál RES není pro komunikaci nezbytně nutný, zajišťuje pouze ochranu při výpadku centrální jednotky. Pokud není použit, musí být na konektoru PFL10 periferní jednotky nebo sériového expandéru špičky 7 a 8 spojeny.

Při spojení na větší vzdálenosti je nutno používat odpovídající komunikační rychlost vzhledem k rychlosti šíření signálu po vedení. Při vysílání dat z centrální jednotky je situace příznivá, neboť data i synchronizační signály procházejí stejnou cestou. Horší je situace při příjmu. Synchronizační signály vysílá centrální jednotka, vzdálená periferní jednotka na jejich základě vysílá



centrální jednotka (PFL14)			(PFL10) periferní jednotka		
signál	typ	pin	pin	typ	signál
/WRS+	Out	3	1	In	/WRS+
/WRS-		4	2		/WRS-
TXS+	Out	5	3	In	RXS+
TXS-		6	4		RXS-
RXS+	In	7	5	Out	TXS+
RXS-		8	6		TXS-
RES	Out	9	7	In	RES
GND		10	8		GND
CKSOUT+	Out	11	9	In	CKS+
CKSOUT-		12	10		CKS-

Obr. 1.9 Synchronní kanál centrální jednotky

data, která jsou přijímána centrální jednotkou. Zpoždění signálu, způsobené průchodem vedením, způsobuje časový posun datových signálů vzhledem k synchronizačním. Tento časový posuv nesmí v žádném případě překročit jednu periodu synchronizačního signálu, jinak není možná správná interpretace datového signálu. Z praktických zkušeností je komunikační rychlost 460kB/s použitelná do vzdálenosti cca 120m, 230kB/s do 240m atd.

1.5 Formát sériové komunikace

Komunikaci začíná vždy centrální jednotka vydáním strobovacího signálu \overline{WRS} a zápisem dat na sběrnici. Další činnost závisí na konkrétním použitém formátu zprávy. Délky zpráv jsou 1÷3 byty, odpověď podřízené stanice je jeden nebo dva byty. Na každý vysílaný nebo přijímaný byte vysílá centrální jednotka 8 period synchronizačního signálu (CKS). Aktivací signálu \overline{WRS} se rozumí převedení signálu do aktivní úrovně na dobu alespoň 2 s a převedení zpět do neaktivního stavu.

1.5.1 Formát komunikace pro sériový expander

Tento formát se používá pro komunikaci se sériovým expanderem. Umožňuje číst a zapisovat data na periferní jednotky, připojené k paralelní sběrnici expanderu.

Přenos oběma směry je zabezpečen 4-bitovým kontrolním součtem CRC (x^4+x+1). Formát

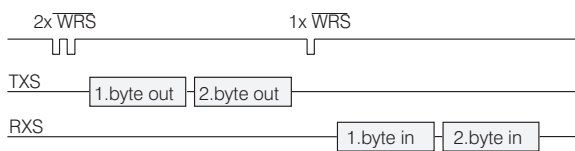
komunikace umožňuje adresovat až 14 expandérů (adresy 1-14), připojených na jednu sběrnici. Adresa 0 je vyhrazena pro rozšíření. Adresa 15 je globální pro všechny připojené jednotky a umožňuje zaslat zprávu všem připojeným jednotkám současně.

Inicializace komunikačních obvodů

Inicializace všech připojených zařízení (jejich posuvných registrů) je provedena aktivací signálu RES (např. po zapnutí centrální jednotky), pokud je přiveden do všech podřízených jednotek. Inicializaci je možno také provést vydáním 24 period synchronizačního signálu bez aktivace \overline{WRS} . To se provede čtyřnásobným vyvoláním cyklu čtení nebo zápisu (obsah datového signálu je nevýznamný) bytu z centrální jednotky.

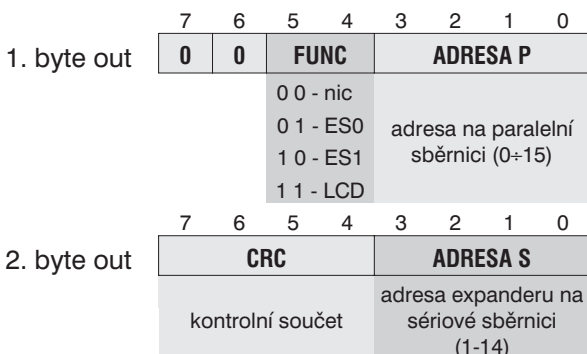
Čtení dat ze sériového expanderu

Komunikační cyklus přečte byte z paralelní sběrnice, připojené k sériovému expanderu.



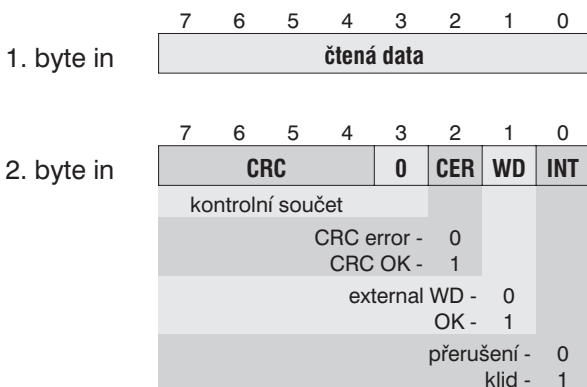
vysílání z CPU příjem do CPU
Obr. 1.11 Cyklus čtení bytu z expanderu

Začátek komunikace je určen 2 pulzy WRS. Centrální jednotka vysílá do expanderu 2 byty:



První byte určuje adresu na paralelní sběrnici (bity 0-3 určují stav adresových signálů A0-A3) a řídicí signál, který bude aktivní (ES0, ES1 nebo LCD). Druhý byte obsahuje adresu sériového expanderu na sběrnici (v rozsahu 1-14) a CRC.

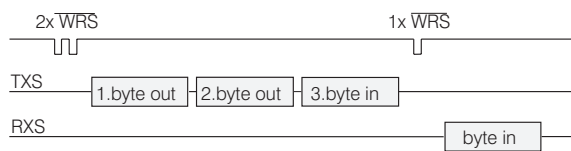
Po vyslání druhého bytu vydá centrální jednotka 1 impuls WRS, po kterém následuje čtení 2 bytů z podřízené jednotky:



První čtený byte obsahuje vlastní data z paralelní sběrnice sériového expanderu. Druhý čtený byte obsahuje kontrolní součet odpovědi a informační stavové bity expanderu. Bit CER nastavuje expander na 0 v případě, že podřízená jednotka vyhodnotila chybu kontrolního součtu CRC, data tedy nejsou platná a cyklus čtení nebyl uskutečněn. Bit WD je nastaven na 0, pokud na paralelní sběrnici došlo od poslední komunikace výpadku WD některé výstupní jednotky. Bit INT je nastaven na 0, pokud od poslední komunikace byl na paralelní sběrnici vydán signál INT (vektor je možné zjistit následným čtením adresy 8FH).

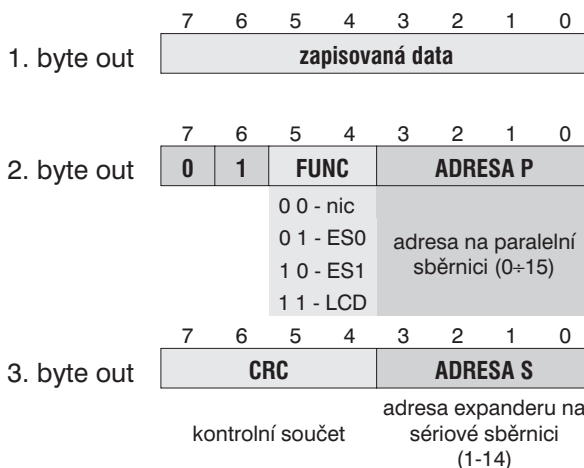
Zápis dat na sériový expander

Komunikační cyklus zapíše byte na paralelní sběrnici, připojenou k sériovému expanderu.



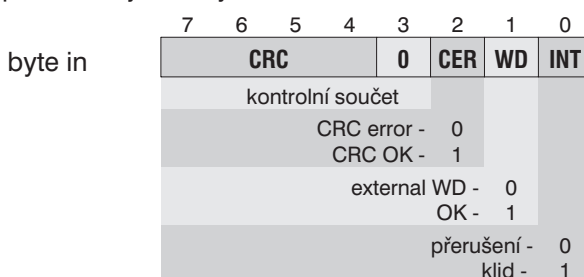
vysílání z CPU příjem do CPU
Obr. 1.10 Cyklus zápisu bytu do expanderu

Začátek komunikace je určen dvěma pulzy signálu WRS. Centrální jednotka vysílá 3 byty:



První byte obsahuje data, která budou umístěna na paralelní sběrnici ve vyvolaném cyklu zápisu. Druhý byte určuje adresu na paralelní sběrnici (bity 0-3 určují stav adresových signálů A0-A3) a řídicí signál, který bude aktivní (ES0, ES1 nebo LCD). Třetí byte obsahuje adresu sériového expanderu na sběrnici (v rozsahu 1-14) a CRC.

Po vyslání 3 bytů vydá centrální jednotka 1 impuls WRS, po kterém následuje čtení 1 bytu z podřízené jednotky:

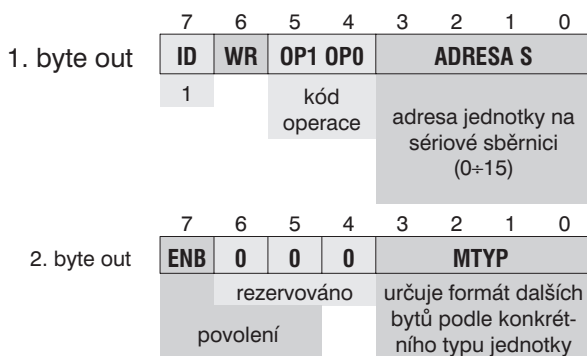


Čtený byte obsahuje kontrolní součet odpovědi a informační stavové bity expanderu. Bit CER nastavuje expander na 0 v případě, že v přijaté zprávě nesouhlasí CRC, data tedy nejsou platná. Bit WD je nastaven na 0, pokud na paralelní sběrnici došlo od poslední komunikace výpadku WD některé výstupní jednotky. Bit INT je nastaven na 0, pokud od poslední komunikace byl na paralelní sběrnici vydán signál INT (vektor je možné zjistit následným čtením adresy 8FH).

1.5.2 Speciální formát komunikace

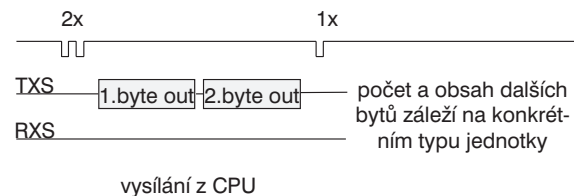
Pro přímé připojení jednotek přímo vybavených synchronním sériovým rozhraním se používá zjednodušený formát komunikace. Komunikační protokol neobsahuje kontrolní CRC znak a umožňuje

jednodušší a rychlejší obsluhu. Přenos dat je možné provádět oběma směry. Použitý formát komunikace umožňuje ne jednom synchronním kanálu provozovat současně jak sériový expandér, tak sériové periferní jednotky. Přenos dat je možný oběma směry. Konkrétní datové tělo komunikační relace záleží na typu jednotky. Hlavička komunikační relace (viz obr. 1.12) obsahuje 2 pulsy WRS, 2 byty a ukončovací puls hlavičky WRS. Byty hlavičky obsahují typ jednotky, její adresu na sériové sběrnici a typ požadované operace:



Bit ID 1.bytu identifikuje speciální formát komunikace, bity WR, OP1 a OP0 určují kód prováděné operace, bity ADRESA_S označují adresu jednotky na sériové sběrnici. Bit ENB 2.bytu ovládá globální povolení jednotky, bity 4÷6 jsou vyhrazeny pro další rozšíření a bity MTYP určují konkrétní typ jednotky a tím i počet a formát dalších zasílaných nebo čtených bytů.

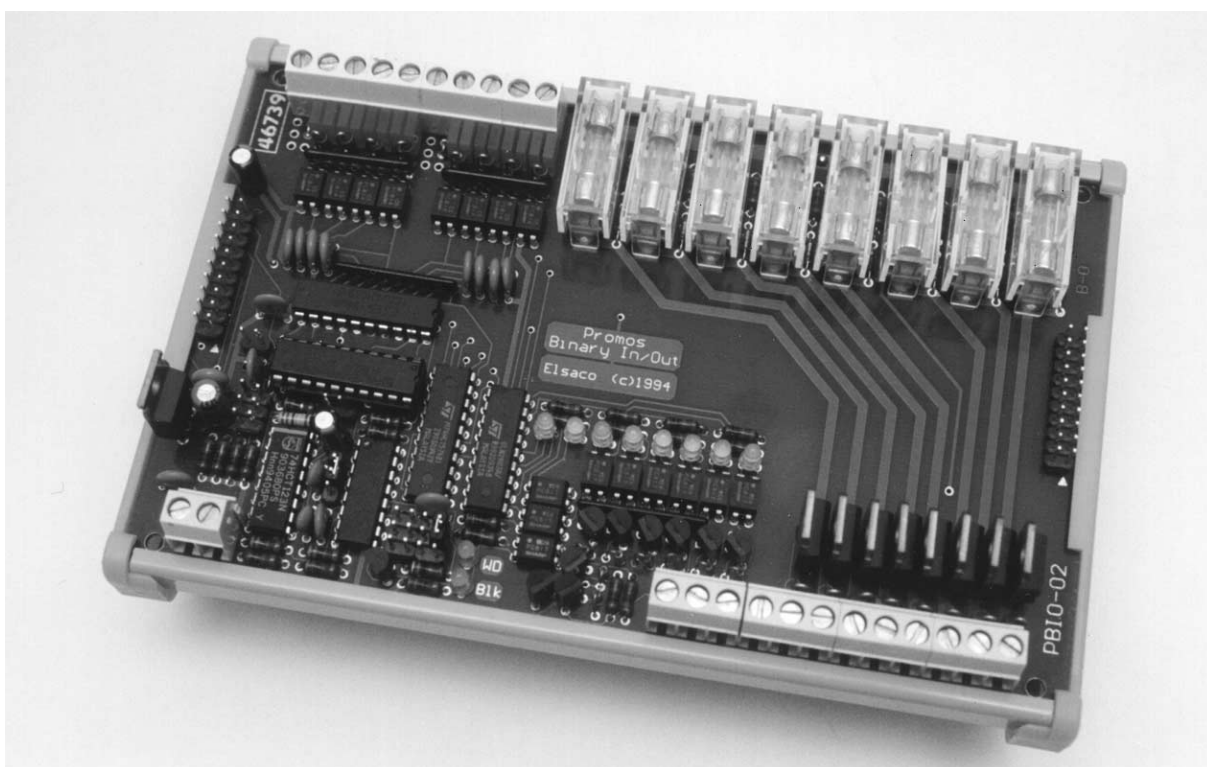
Vlastní význam jednotlivých položek bude popsán v kapitolách konkrétních jednotek.



Obr 1.12 Hlavička speciálního formátu

PBIO-02

modul logických vstupů/výstupů



8 logických vstupů 12 / 24 V s galvanickým oddělením
8 logických tranzistorových výstupů 24V s galv. oddělením

EI5230.1x vstupy 12V=
EI5230.2x vstupy 24V=

2.1 ÚVOD

PBIO-02 je periferní jednotka systému Promos, která obsahuje 8 logických vstupů 12/24V a 8 logických výstupů se spínacími tranzistory. Jednotka je určena k připojení na paralelní expanzní sběrnici Promos. Základní charakteristiky jednotky jsou:

8 bipolárních vstupních obvodů s galvanickým oddělením, ve 2 skupinách se společným vodičem pro 4 vstupy, vstupní napětí 12 nebo 24V, stav každého vstupu je indikován svítivou diodou.

8 galvanicky oddělených spínacích tranzistorů s jedním společným vodičem, každý výstup je vybaven ochrannou diodou, indikační diodou

stavu výstupu, tavnou pojistkou a svítivou diodou indikující přerušení pojistky.

Adresní dekodér umožňuje nastavení adresy jednotky na jednu z 16 kombinací.

Vlastní WatchDog a obvody blokování umožňují odpojení výstupních obvodů při „zbloudění“ programu nebo poruše centrální jednotky nebo při výpadku WatchDog na jiné výstupní desce.

Ladící režim umožňuje indikaci stavu výstupů LED, výstupy zůstávají zablokovány.

Vlastní napájecí stabilizátor

Pracovní teplota okolí -10..+55°C

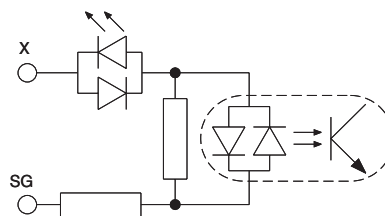
2.2 Popis jednotky

Blokové schéma je uvedeno na obrázku 2.1. Jednotka obsahuje obvody dekodování adresy, vstupní a výstupní registr, 8 identických vstupních obvodů, 8 spínacích tranzistorů, hlídací obvod WatchDog s blokovacím obvodem výstupů a napájecí stabilizátor.

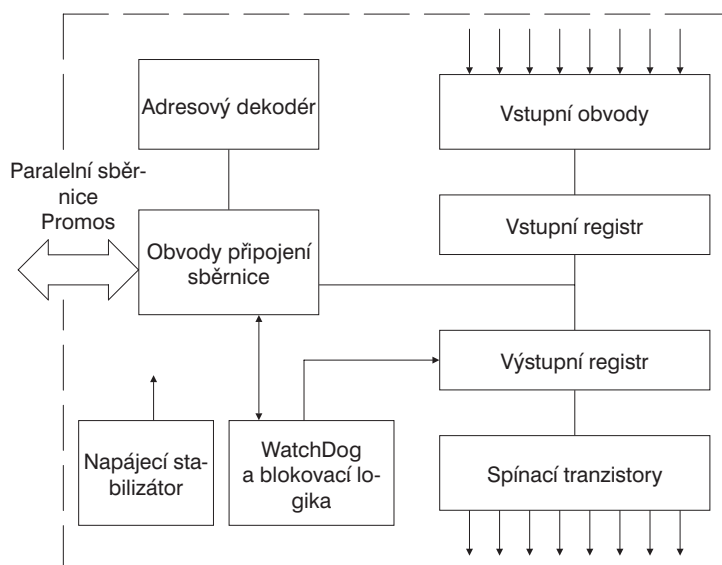
Schéma vstupního obvodu je na obr. 2.2. Každý vstup obsahuje dvě indikační diody pro obě polarizace vstupního napětí, omezovací odpor a bipolární oddělovací optron. Svorka SG vstupního obvodu je společná pro čtveřici vstupů. Proud vstupního obvodu při nominálním napětí je 6mA.

Výstupní obvody jsou pasivní. Každý výstup je realizován oddělovacím optronem, JFET spínacím tranzistorem a ochrannou tavnou pojistkou s indikací přepálení. Spínací tranzistor pracuje v zapojení „open drain“ a spíná výstupní vodič na společnou svorku. Výstupy jsou opatřeny ochrannými diodami. Katody všech ochranných diod

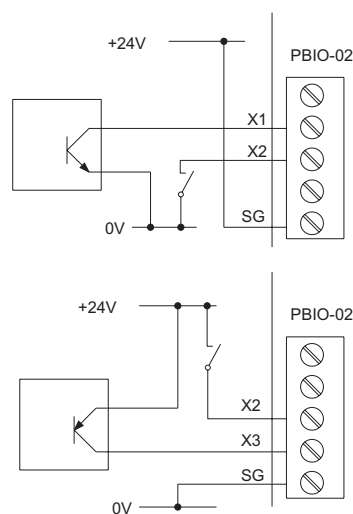
jsou spojeny na společný vývod clamp, který se připojuje na největší spínané napětí. Spínací tranzistory mají v sepnutém stavu odpor kanálu typ. 0.08Ω , při trvalém proudu 2A je výkonová ztráta minimální, roste však s četností spínání. Při spínacím napětí 24V a proudu v sepnutém stavu 2A výkonová ztráta dosahuje cca 1W při 1000 sepnutích za sekundu. Proud společnou svorkou by neměl přesahovat 8A. Stav každého výstupu je indikován svítivou diodou.



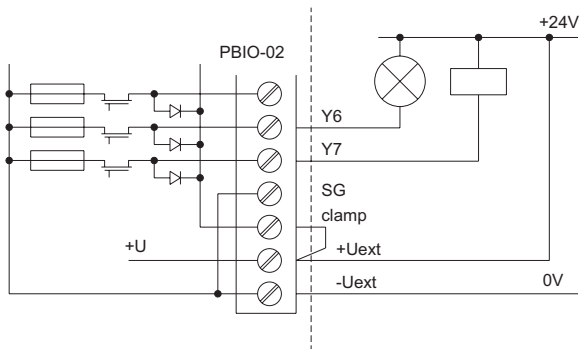
Obr. 2.4 Schéma vstupního obvodu



Obr. 2.1 Blokové schéma jednotky PBIO-02

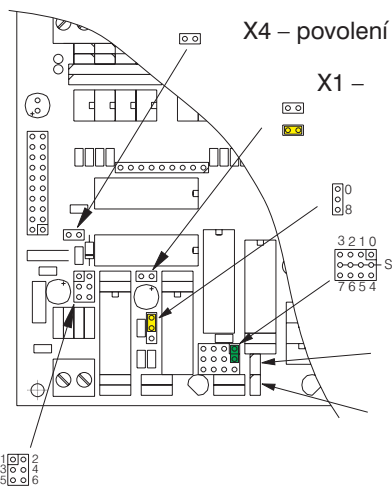


Obr. 2.3 Připojení vstupů se společným plus a mínus



Obr. 2.5 Připojen spínaných obvodů

Hlídací obvod WatchDog sestává z monostabilního klopného obvodu s časovou konstantou 2 s nebo 0,5 s (časová konstanta se volí propojkou X1). Klopný obvod je přenastaven při každém zápisu do výstupního registru. Pokud program v centrální jednotce přestane periodicky zapisovat výstupní registr jednotky (např. při zacyklení programu nebo poruše centrální jednotky), jsou po vypršení časové konstanty výstupní obvody uvedeny do klidového stavu (spínací kontakty rozpojeny, rozpínací spojeny). Překlopení je indikováno červenou indikační diodou. Obvod WatchDog je možné odpojit (např. po dobu ladění programu)



X3 – ovládání blokovací logiky
 spojeno 6-5: výpadek WD generuje RESET na sběrnici
 spojeno 4-3: WD neblokuje výstupy, pouze indikace
 spojeno 2-1: Ladicí režim, výstupy blokovány

X1 – volba časové konstanty WatchDog
 rozpojeno - WD 2 s
 spojeno - WD 0,5 s

X2 – nastavení adresy (poloha 0 nebo 8, viz tabulka)

SA1 – nastavení adresy (jeden ze středních vývodů S spojen s některým krajním vývodem 0..7, viz tabulka)

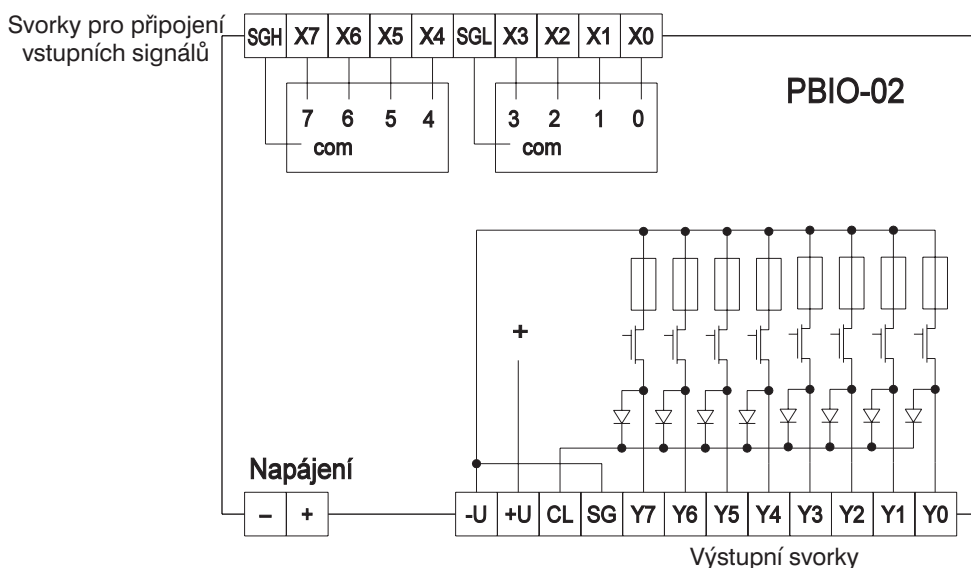
LED výpadku WatchDog.

LED blokování výstupů

Adresa	X2	SA1	Adresa	X2	SA1
80H	0	S-0	88H	8	S-0
81H	0	S-1	89H	8	S-1
82H	0	S-2	8AH	8	S-2
83H	0	S-3	8BH	8	S-3
84H	0	S-4	8CH	8	S-4
85H	0	S-5	8DH	8	S-5
86H	0	S-6	8EH	8	S-6
87H	0	S-7	8FH	8	S-7

Propojky v zakreslené poloze jsou nastaveny při výrobě: adresa jednotky 80H, WatchDog 2s.

Obr. 2.6 Nastavení propojek



Obr. 2.7 Rozmístění připojovacích svorek

spojením špiček 3-4 propojovacího pole X3, v takovém případě je vypršení doby signalizováno pouze indikační diodou, ale výstupní obvody zůstávají v nastaveném stavu. Při spojení špiček 5-6 propojovacího pole X3 bude výpadek WatchDog jednotky vydán na sběrnici a ostatní výstupní jednotky (kromě PBIO-01) také zablokují svoje výstupy.

Spojením špiček 1-2 propojovacího pole X3 je možné zapojit tzv. ladící režim. Stav výstupních obvodů se indikuje svítivou diodou, ale relé zůstávají v klidovém stavu. Tento režim se obvykle používá při diagnostice nebo ladění programu s připojenými výstupy. Rozpojením špiček výstupní relé ihned přecházejí do nastaveného stavu.

Při výpadku napájecího napětí jednotky nebo

odpojení sběrnice jsou výstupní tranzistory rozpojeny bez ohledu na nastavení propojky X3.

Adresový dekodér s propojkami SA1 a X2 umožňuje nastavit I/O adresu vstupního a výstupního registru na jednu z 16 možných kombinací. Jednotka zabírá jednu adresu. Čtením nastavené I/O adresy je načten stav vstupního registru (vstupní byte), zápisem se nastaví stav výstupních obvodů.

Konektor pro připojení paralelní sběrnice je na obou stranách desky. Na jeden konektor se připojí spojovací kabel s centrální jednotkou (nebo předcházejícími periferními jednotkami), na druhý konektor je možné připojit další periferní jednotky nebo zakončovací obvod.

Napájecí stabilizátor zajišťuje napětí 5V pro napájení logických obvodů.

2.3 Programová obsluha

Vstupní i výstupní registry jednotky jsou přímo přístupné funkcemi `outport ()` a `inport ()`.

■ `outport (addr, data) ;`

zapiše byte `data` do výstupního registru. Při zápisu 1 do některého bitu výstupního registru bude odpovídající tranzistoro sepnut.

■ `inport (addr) ;`

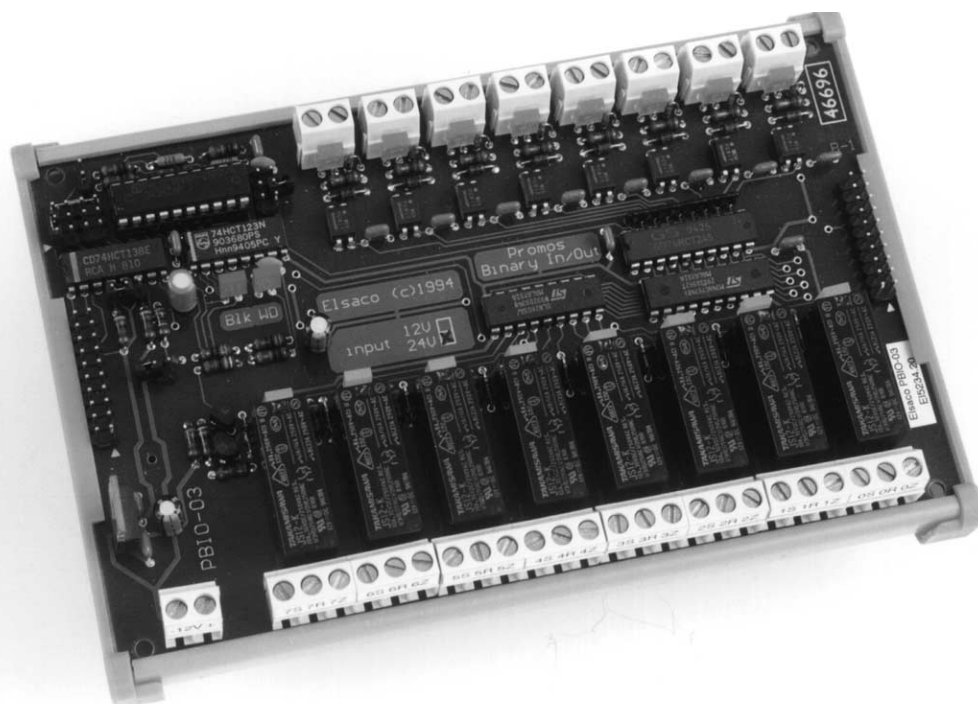
vrací stav vstupního registru. Nepřipojený vstup má odpovídající bit ve stavu 1, vstup s připojeným napětím (indikační LED svítí) vrací odpovídající bit ve stavu 0. Adresa `addr` musí odpovídat adrese, nastavené propojkami SA1 a X2.

2.4 Technické údaje

Typ jednotky		EI5230.1x	EI5230.2x
Celkový počet vstupů		8 (2 x 4)	
Vstupní napětí	log.0 max.	3V	6V
	log.1 min.	8V	15V
	log.1 typ.	12V	24V
	log.1 max.	18V	30V
Vstupní napětí max. krátkodobě (1s)		26V	40V
Vstupní proud při log.1 typ.		6mA	6mA
Zpoždění	log.0 log.1	30 s	
	log.1 log.0	0.3ms	
Izolační pevnost galvanického oddělení		2500V	
Celkový počet výstupů, typ kontaktu		8, open drain	
Spínané napětí		24V, max. 50V	
Max. trvalý proud jednoho výstupu		2A	
Max. špičkový proud výstupu		20A (1s)	
Max. trvalý proud společnou svorkou		8A	
Doba sepnutí / rozepnutí		20 s	
Pojistka výstupního obvodu		T2A	
Napájecí napětí výstupních obvodů		24V (min.15V, max 40V)	
Odpor kanálu v sepnutém stavu		80mΩ	
Izolační pevnost galvanického oddělení		2500V	
Napájecí napětí jednotky		10.5÷15V	
Odběr z napájecího zdroje		100 mA max.	
Rozsah pracovních teplot		-10÷+55°C	

PBIO-03

modul logických vstupů/výstupů



**8 logických vstupů 12 / 24 V
s galvanickým oddělením
8 logických výstupů s relé**

EI5234.1x vstupy 12V=, přepínací kontakty
EI5234.2x vstupy 24V=, přepínací kontakty

3.1 ÚVOD

PBIO-03 je periferní jednotka systému Promos, která obsahuje 8 logických vstupů 12/24V a 8 logických výstupů s přepínacím nebo spínacím reléovým kontaktem 220V/5A. Jednotka je určena k připojení na paralelní expanzní sběrnici Promos. Základní charakteristiky jednotky jsou:

8 vzájemně nezávislých vstupních obvodů s galvanickým oddělením, každý vstup má samostatné šroubovací svorky, vstupní napětí 12 nebo 24V, stav každého vstupu je indikován svítivou diodou.

8 vzájemně nezávislých galvanicky oddělených výstupních obvodů, realizovaných reléovým přepínacím nebo spínacím kontak-

tem ~220V/5A, stav každého relé je indikován svítivou diodou.

Adresní dekodér umožňuje nastavení adresy jednotky na jednu z 16 kombinací.

Vlastní WatchDog a obvody blokování umožňují odpojení výstupních obvodů při „zbloudění“ programu nebo poruše centrální jednotky nebo při výpadku WatchDog na jiné výstupní desce.

Ladící režim umožňuje indikaci stavu výstupů LED, relé zůstávají zablokovány.

Vlastní napájecí stabilizátor

Pracovní teplota okolí -10..+55°C

3.2 Popis jednotky

Blokové schéma je uvedeno na obrázku 3.2. Jednotka obsahuje obvody dekódování adresy, vstupní a výstupní registr, 8 identických vstupních obvodů, 8 relé, spínací obvod, hlídací obvod WatchDog s blokovacím obvodem výstupů a napájecí stabilizátor.

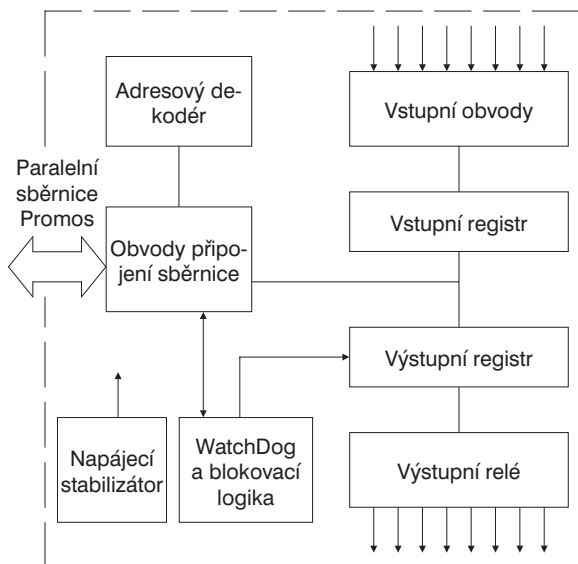
Schéma vstupního obvodu je na obr. 3.1. Každý vstup obsahuje indikační diodu, zenerovu diodu pro zvýšení prahového napětí, omezovací odpor, ochrannou diodu a oddělovací optron. Oba vývo-

dy každého vstupního obvodu jsou vyvedeny samostatně na dvě svorky. Vstupní obvod je chráněn proti přepólování. Proud vstupního obvodu při nominálním napětí je 6mA.

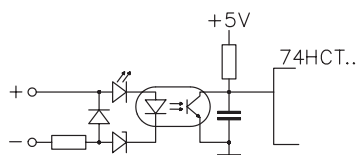
Výstupní obvody jsou pasivní. Každý výstup je realizován jedním přepínacím nebo spínacím kontaktem relé podle provedení jednotky. Stav každého relé je indikován svítivou diodou. Kontakty relé každého výstupu jsou vyvedeny samostatně na svorky. Kontakt relé je dimenzován na spínání střídavého napětí 220V s proudem 8A nebo stejnosměrného napětí do 30V s proudem 8A. Vzhledem k tloušťce spojovacích vodičů mezi svorkami a kontakty relé by však proud neměl překročit 5A.

Hlídací obvod WatchDog sestává z monostabilního klopného obvodu s časovou konstantou 2 s nebo 0,5 s (časová konstanta se volí propojkou X1). Klopný obvod je přenastaven při každém zápisu do výstupního registru. Pokud program v centrální jednotce přestane periodicky zapisovat výstupní registr jednotky (např. při zacyklení programu nebo poruše centrální jednotky), jsou po vypršení časové konstanty výstupní obvody uvedeny do klidového stavu (spínací kontakty rozpojeny, rozpínací spojeny). Překlopení je indikováno červenou indikační diodou. Obvod WatchDog je možné odpojit (např. po dobu ladění programu) spojením špiček 3-4 propojovacího pole X3, v takovém případě je vypršení doby signalizováno pouze indikační diodou, ale výstupní relé zůstávají v nastaveném stavu. Při spojení špiček 5-6 propojovacího pole X3 bude výpadek WatchDog jednotky vydán na sběrnici a ostatní výstupní jednotky (kromě PBIO-01) také zablokují svoje výstupy.

Spojením špiček 1-2 propojovacího pole X3 je možné zapojit tzv. ladící režim. Stav výstupních obvodů se indikuje svítivou diodou, ale relé zůstávají v klidovém stavu. Tento režim se obvykle používá



Obr. 3.2 Blokové schéma jednotky PBIO-03



Obr. 3.1 Schéma jednoho vstupního obvodu

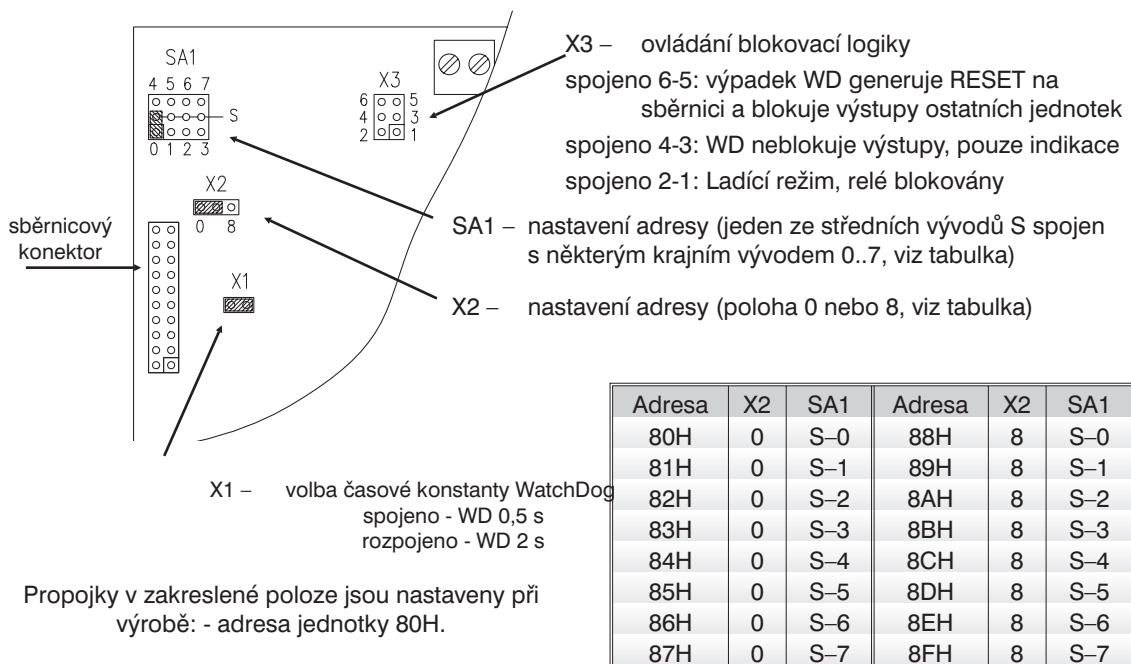
při diagnostice nebo ladění programu s připojenými výstupy. Rozpojením špiček výstupní relé ihned přecházejí do nastaveného stavu.

Při výpadku napájecího napětí jednotky nebo odpojení sběrnice jsou výstupní relé uvedena do klidového (cívka relé není napájena) stavu bez ohledu na nastavení propojky X3.

Adresový dekodér s propojkami SA1 a X2 umožňuje nastavit I/O adresu vstupního a výstupního registru na jednu z 16 možných kombinací. Jednotka zabírá jednu adresu. Čtením nastavené I/O adresy je načten stav vstupního registru (vstupní byte), zápisem se nastaví stav výstupních relé.

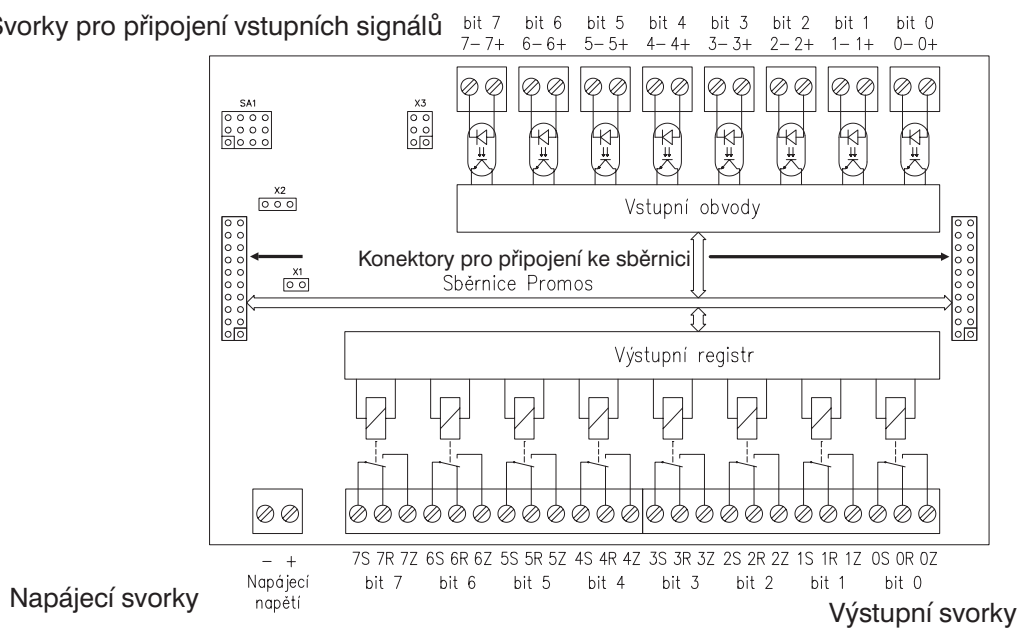
Konektor pro připojení paralelní sběrnice je na obou stranách desky. Na jeden konektor se připojí spojovací kabel s centrální jednotkou (nebo předcházejícími periferními jednotkami), na druhý konektor je možné připojit další periferní jednotky nebo zakončovací obvod.

Napájecí stabilizátor zajišťuje napětí 5V pro napájení logických obvodů. Cívky relé jsou napájeny z nestabilizovaného vstupního napájecího napětí jednotky 12V.



Obr. 3.3 Nastavení propojek

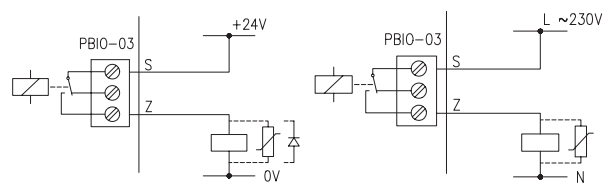
Svorky pro připojení vstupních signálů



Obr. 3.4 Rozmístění připojovacích svorek

3.3 Odrušení výstupních obvodů

Při přímém spínání indukční zátěže (cívky stýkačů, motory ap.) je vždy nutno provést odrušení. Odrušovací člen je nevhodnější umístit **přímo u spotřebiče**. Pro zátěže, spínané ze střídavého napětí je možné použít varistory, pro zátěže spínané ze stejnosměrného napětí varistory nebo diody. Varistory musí být dimenzovány na odpovídající napájecí napětí, diody musí mít odpovídající závěrné napětí.



Obr. 3.5 Odrušení indukční zátěže (AC a DC napájení)

3.4 Programová obsluha

Vstupní i výstupní registry jednotky jsou přímo přístupné funkcemi `outport()` a `inport()`:

■ `outport(addr, data);`

zapiše byte `data` do výstupního registru. Stav jednotlivých bitů zapisovaného bytu určuje stav výstupních relé:

0–spínací kontakt rozpojen / rozpínací spojen,
1–spínací kontakt spojen / rozpínací rozpojen.

■ `inport(addr);`

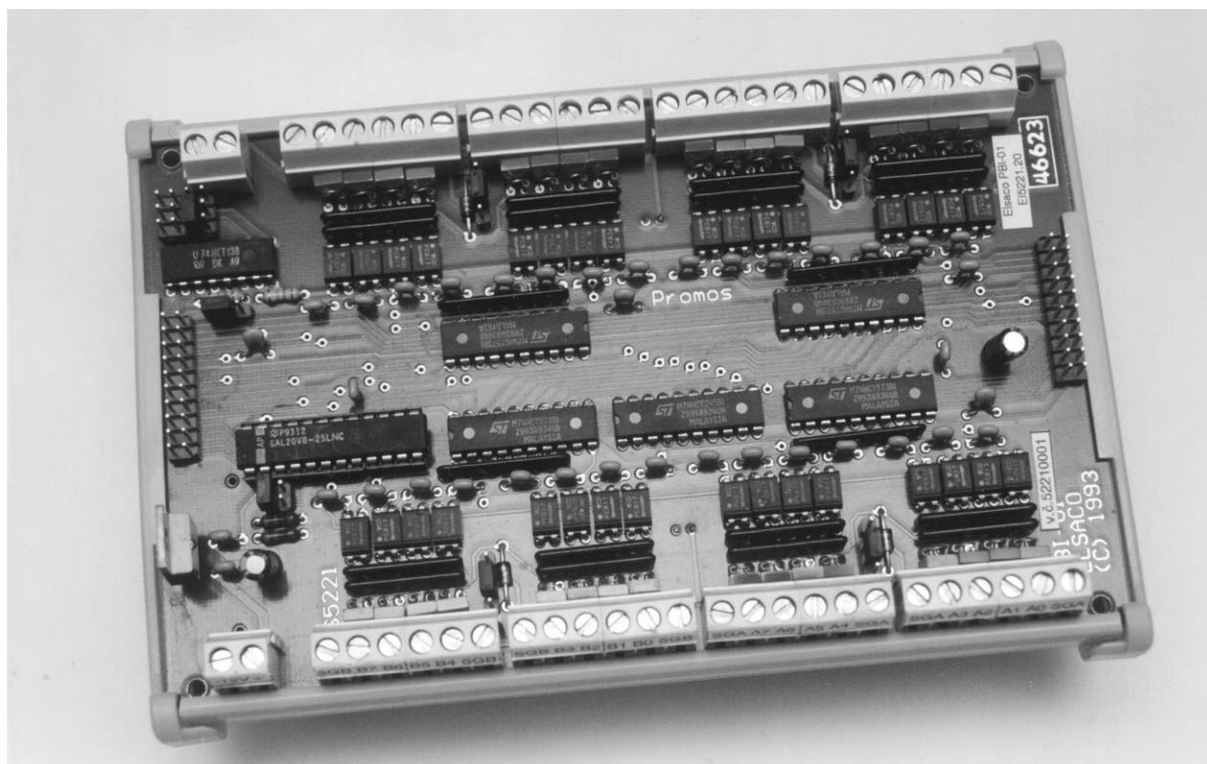
vrací stav vstupního registru. Nepřipojený vstup má odpovídající bit ve stavu 1, vstup s připojeným napětím (indikační LED svítí) vrací odpovídající bit ve stavu 0.

Adresa `addr` musí odpovídat adrese, nastavené propojkami SA1 a X2.

3.5 Technické údaje

Typ jednotky		EI5220 .1x	EI5220 .2x
Celkový počet vstupů		8 samostatných	
Vstupní napětí	log.0 max.	3V	6V
	log.1 min.	8V	18V
	log.1 typ.	12V	24V
	log.1 max.	18V	30V
Vstupní napětí max. krátkodobě (1s)		26V	40V
Vstupní proud při log.1 typ.		8mA	8mA
Zpoždění	log.0 log.1	20 s	
	log.1 log.0	1ms	
Izolační pevnost galvanického oddělení		2500V	
Celkový počet výstupů, typ kontaktu		8, spínací kontakt	
Spínané napětí		220V AC / 30V DC	
Spínaný proud		5A AC/ 5A DC	
Doba sepnutí		max. 9ms, typ. 6ms	
Doba rozepnutí		max. 11ms, typ. 6ms	
Životnost kontaktu mechanická		20x10 ⁶	
elektrická (max. spínaný proud)		2x10 ⁵	
Izolační pevnost galvanického oddělení		4000V	
Napájecí napětí		10.5÷15V	
Odběr z napájecího zdroje		500 mA max.	
Rozsah pracovních teplot		-10÷+55°C	

PBI-01, PBI-02, PBI-03 modul logických vstupů



32 logických vstupů 12 / 24V s galvanickým oddělením

EI5221.1x	PBI-01	12V= central minus
EI5221.2x	PBI-01	24V= central minus
EI5222.1x	PBI-02	12V= central plus
EI5222.2x	PBI-02	24V= central plus
EI5223.1x	PBI-03	12V
EI5223.2x	PBI-03	24V

4.1 Úvod

PBI-01, 02 a 03 jsou periferní jednotky systému Promos, které obsahují 32 logických vstupů 12 nebo 24V = central plus nebo central minus nebo střídavé napětí. Umožňují připojení čidel s otevřeným kolektorem tranzistoru npn, pnp nebo bezpotenciálových kontaktních spínačů.

Jednotka je určena k připojení na paralelní expanzní sběrnici centrální jednotky SBPS-01. Základní charakteristiky jednotky jsou:

Všechny vstupy jsou galvanicky odděleny

Vstupy jsou uspořádány do 4 vzájemně oddělených sekcí po 8 vstupech, každá sekce má jeden společný vodič. Sekce je mezi sebou možné spojovat propojkou na desce

Jednotlivé sekce vstupů je možné konfigurovat jak pro aktivní (napájené kontakty) tak pasivní čidla (bezpotenciálové kontakty nebo otevřený kolektor)

Možnost programového strobování všech 32 bitů současně

Vstupní napětí 24V nebo 12V, stav každého vstupu je indikován svítivou diodou

Vstupy jsou chráněny diodou proti přepólování Adresní dekodér umožňuje nastavení adresy jednotky na jednu z 16 kombinací

Vlastní napájecí stabilizátor

Pracovní teplota okolí -10..+55°C

4.2 Popis jednotky

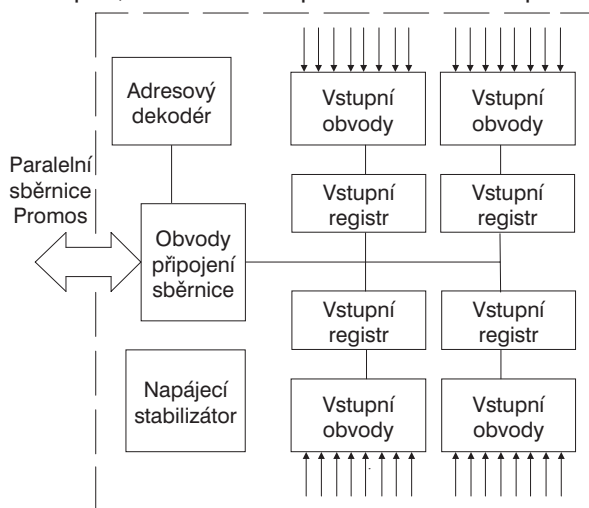
Blokové schéma je shodné pro všechny tři typy jednotek a je uvedeno na obrázku 4.1. Jednotka obsahuje obvody dekódování adresy, vstupní registry s ovládací logikou, 4 shodné sekce vstupních obvodů a napájecí stabilizátor.

Schémat vstupních obvodů jednotek stejnosměrných vstupů jsou na obr. 4.3 a 4.4. Každý vstup obsahuje indikační diodu, ochrannou diodu proti přepólování, zenerovu diodu pro zvýšení prahového napětí, omezovací odpor a oddělovací optron.

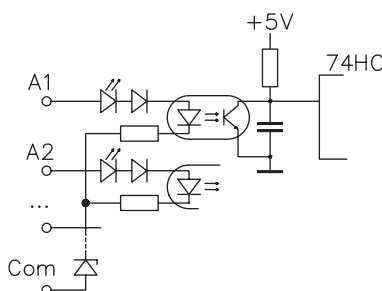
Proud vstupu při nominálním napětí je cca 6mA. Vstupy v provedení 12V mají místo zenerovy diody osazenu diodu v propustném směru. Odpor s kondenzátorem za optronem tvoří filtr vstupního signálu.

Schéma vstupního obvodu pro střídavé napětí je na obr. 4.2. Každý vstup obsahuje antiparalelně zapojené indikační diody, střídavý optron a omezovací odpor. Proud vstupním obvodem při nominálním napětí je cca 8mA. Kondenzátor za optronem filtruje střídavou složku vstupního signálu. Ve srovnání se stejnosměrnými vstupy má filtr delší časovou konstantu.

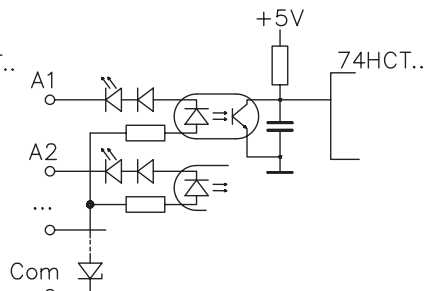
Způsob propojení vstupních obvodů a zapojení svorek všech jednotek je patrný ze zjednodušeného schéma na obr. 4.7. Vstupy jsou rozděleny na 4 shodné sekce (A..D), každá po 8 vstupech. Vývod s indikační diodou má samostatnou šroubovací svorku, vodič (SG) je společný pro všech 8 vstupů jedné sekce a má pro každou sekci 4 svorky. Propojkou u svorky SGA je možné na desce spojit společný vodič sekcí A a B, propojkou u svorky SGD společný vodič sekcí C a D. Čtyřkolíková propojka umožňuje spojit společný vodič každé sekce buď na svorky SG nebo na společnou svorku C pro připojení externího napětí. Typické příklady použití jednotlivých vstupních jednotek jsou uvedeny na obrázcích.



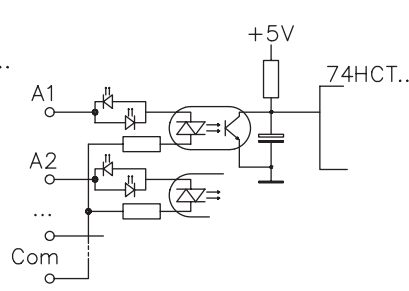
Obr. 4.1 Blokové schéma jednotky PBI-02



Obr. 4.3 Schéma vstupního obvodu PBI-01 - central minus

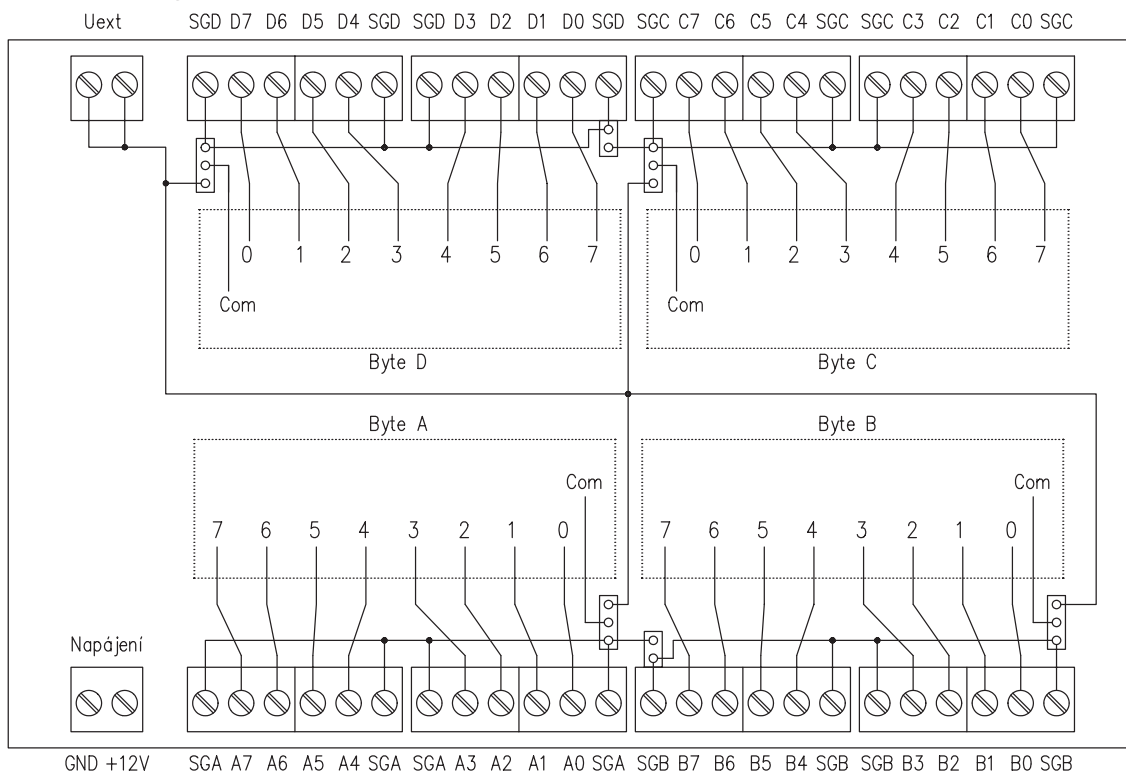


Obr. 4.4 Schéma vstupního obvodu PBI-02 - central plus



Obr. 4.2 Schéma vstupního obvodu PBI-03 - střídavé

4.3 Připojení vstupních obvodů



Obr. 4.7 Zapojení svorek jednotky PBI-01/02/03

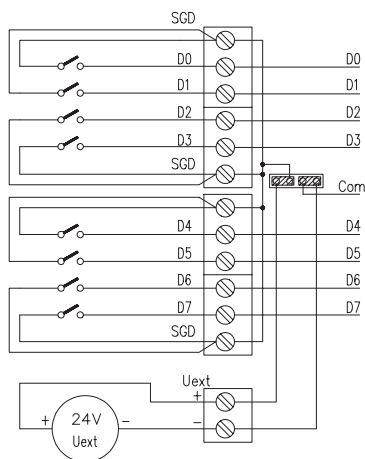
PBI-01 Obrázek 4.5 znázorňuje připojení bezpotenciálových (pasivních) kontaktů k jednotce PBI-01. Vnější napájecí zdroj 24V je záporným pólem připojen na svorku C a propojkou je spojen na společný pól vstupních obvodů (Com). Kladný pól zdroje je zapojen na svorku S a propojkou spojen se svorkami SG sekce vstupních obvodů. Kontaktní spínače se připojují mezi svorky SG a příslušné vstupní svorky.

Obrázek 4.6 ukazuje připojení aktivních čidel nebo napájených kontaktních spínačů. Záporný pól zdroje je připojen na svorku SG příslušné sekce a propojkou na společný pól vstupních obvodů (Com). Kladný pól zdroje napájí jeden konec všech spínačů. Druhé vývody spínačů jsou přive-

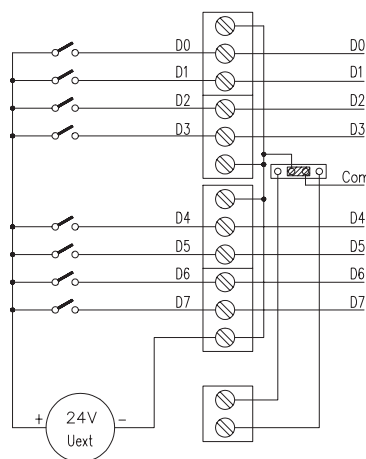
deny na vstupní svorky. Místo kontaktních spínačů je možné použít také čidla s výstupem typu otevřený kolektor pnp.

PBI-02 Obrázek 4.9 znázorňuje připojení bezpotenciálových (pasivních) kontaktů k jednotce PBI-01. Vnější napájecí zdroj 24V je kladným pólem připojen na svorku C a propojkou je spojen na společný pól vstupních obvodů (Com). Záporný pól zdroje je zapojen na svorku S a propojkou spojen se svorkami SG sekce vstupních obvodů. Kontaktní spínače se připojují mezi svorky SG a příslušné vstupní svorky.

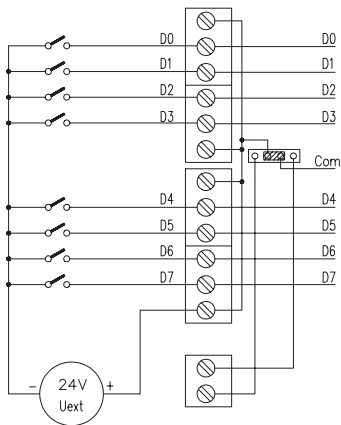
Obrázek 4.8 ukazuje připojení aktivních čidel nebo napájených kontaktních spínačů. Kladný pól



Obr. 4.5 Vstupy PBI-01, bezpotenciálové kontakty



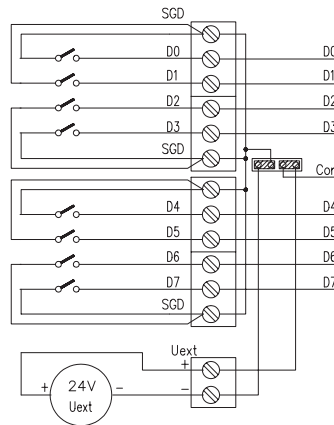
Obr. 4.6 Vstupy PBI-01, aktivní čidla



Obr. 4.8 Vstupy PBI-02, aktivní čidla

zdroje je připojen na svorku SG příslušné sekce a propojkou přiveden na společný pól vstupních obvodů (Com). Záporný pól zdroje napájí jeden konec všech spínačů. Výstupní vývody spínačů jsou přivedeny na odpovídající vstupní svorky.

PBI-03 Jednotka PBI-03 má vstupy oboupolární, tj může pracovat jak se střídavými vstupními



Obr. 4.9 Vstupy PBI-02, bezpotenciálové kontakty

signály, tak se stejnosměrnými vstupními signály libovolné polarity. V zásadě je možné zapojit vstupní obvody kterýmkoliv způsobem, jako u jednotek PBI-01 a PBI-02.

Pokud je přiveden střídavý vstupní signál, svítí obě indikační diody příslušného vstupu, při přivedení stejnosměrného signálu svítí pouze indikační dioda odpovídající polarity.

4.4 Adresování a připojení na sběrnici

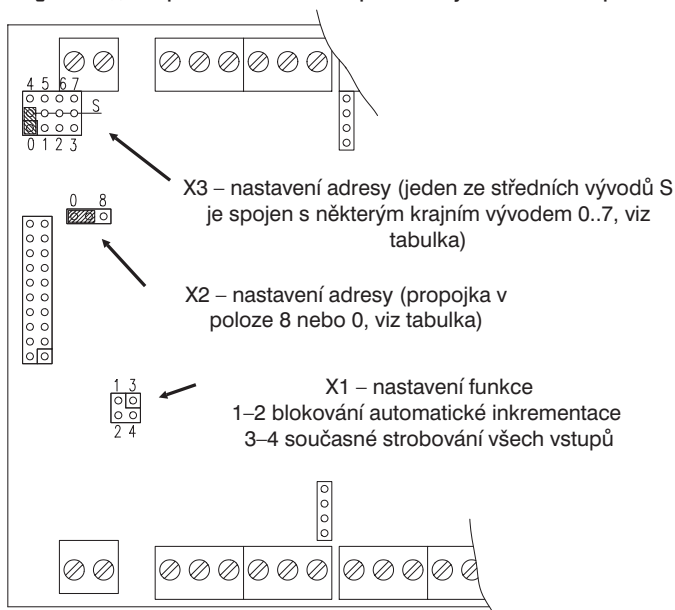
Pro komunikaci s centrální jednotkou má jednotka jeden registr pro zápis (řídící) a jeden pro čtení (datový). Čtením nastavené I/O adresy je načten stav datového registru, zápisem se nastaví řídicí registr. Adresový dekodér s propojkami X2 a X3 umožňuje nastavit I/O adresu vstupního a výstupního registru na jednu z 16 možných kombina-

cí. Nastavení adresy propojkami je zřejmé z obrázku 4.10. Konektor pro připojení paralelní sběrnice je na obou stranách desky. Na jeden konektor se připojí spojovací kabel se sběrnici centrální jednotky (nebo předcházející periferní jednotky), na druhý konektor je možné připojit další periferní jednotky.

4.5 Programová obsluha

Řídící i datový registr jsou přístupné funkcemi `outport ()` a `inport ()`. Způsob čtení vstupních

bytů (tj. stav vstupů každé sekce) je určen propojkou X1 a zápisem řídicího slova. Podle nastavení



Adresa	X2	X3
80H	0	S-0
81H	0	S-1
82H	0	S-2
83H	0	S-3
84H	0	S-4
85H	0	S-5
86H	0	S-6
87H	0	S-7
88H	8	S-0
89H	8	S-1
8AH	8	S-2
8BH	8	S-3
8CH	8	S-4
8DH	8	S-5
8EH	8	S-6
8FH	8	S-7

Obr. 4.10 Umístění propojek a adresování jednotky

je do datového registru zobrazen příslušný vstupní byte.

■ `outport (data, addr);`

zapiše byte `data` do řídicího registru na adrese `addr`. Význam bitů řídicího slova je následující:

bit	7	6	6	4	3	2	1	0
CW	x	x	x	x	STB	RES	R1	R0

bity označené x nejsou využívány.

R0,R1 (bity 0 a 1) Bity určují vstupní slovo pro následující čtení datového registru podle tabulky (bit RES musí být „0“).

	R1	R0	Vstupní slovo
	0	0	Sekce A
	0	1	Sekce B
	1	0	Sekce C
	1	1	Sekce D

RES (bit 2) pokud je tento bit „1“, nastaví se pro následující čtení vstupní registr sekce A; pokud je bit „0“, nastaví se pro následující čtení registr podle bitů R1 a R0 (viz. tabulka).

STB Funkce bitu je podmíněna spojením špiček 3–4 propojky X1. Pokud jsou špičky 3–4 rozpojeny, jsou vstupní registry „průchozí“, tj. čte se okamžitý stav. Pokud jsou špičky 3–4 spojeny, jsou vstupní registry programově zastrobovány zápisem řídicího slova s bitem STB=1. Při zápisu řídicího slova s bitem STB=0 zůstává stav registrů nezměněn.

■ `inport (addr);`

vrací stav datového registru - tj. vstupního slova nastavené sekce. Nepřipojený vstup má odpovídající bit ve stavu 1, vstup s připojeným napětím (indikační LED svítí) vrací odpovídající bit ve stavu 0. Adresa `addr` musí odpovídat adrese jednotky, nastavené propojkami X2 a X3 (viz obr. 4.10).

Pokud jsou na propojce X1 rozpojeny špičky 1–2, bude po každém čtení datového registru změněna sekce, jejíž vstupní slovo se zobrazuje do datového registru (tzv. autoinkrementace). Pokud jsou špičky 1–2 spojeny, je autoinkrementace blokována a po nastavení sekce podle bitů R1 a R0 v řídicím registru se pro každé další čtení zobrazuje nastavená sekce trvale.

Pro komunikaci s jednotkou se obvykle využívá jedna z následujících variant.

Přístup ke všem sekcím bez strobování

Propojka X1: 1–2 a 3–4 rozpojeny.

Zápisem „4“ do řídicího registru se nastaví sekce A a potom se čtyřikrát za sebou přečte datový registr. Automatická inkrementace zajistí postupné zobrazení všech sekcí. Čte se vždy aktuální stav vstupů.

```
outport (addr, 4); // nast. sekce A
a=inport (addr); // sekce A
b=inport (addr); // sekce B
c=inport (addr); // sekce C
d=inport (addr); // sekce D
```

Přístup ke všem sekcím se strobováním

Propojka X1: spojeny špičky 3–4.

Postup je obdobý jako v předcházejícím případě, zápisem do řídicího slova „0xC“ je ve všech vstupních registrech současně zachycen stav vstupů. Následující čtení vrací hodnoty vstupů, jaké byly v okamžiku zápisu řídicího slova bez ohledu na okamžitý stav vstupních signálů.

```
outport (addr, 0xC); // sekce A, strobe
a=inport (addr); // sekce A
b=inport (addr); // sekce B
c=inport (addr); // sekce C
d=inport (addr); // sekce D
```

Samostatný přístup ke každé sekci

Propojka X1: spojeny špičky 1-2

Při každém čtení je nastavována sekce zápisem do řídicího slova. Tento způsob je vhodný např. při čekání na určitou kombinaci vstupů některé sekce nebo při nepravidelném přístupu (některá sekce se čte častěji).

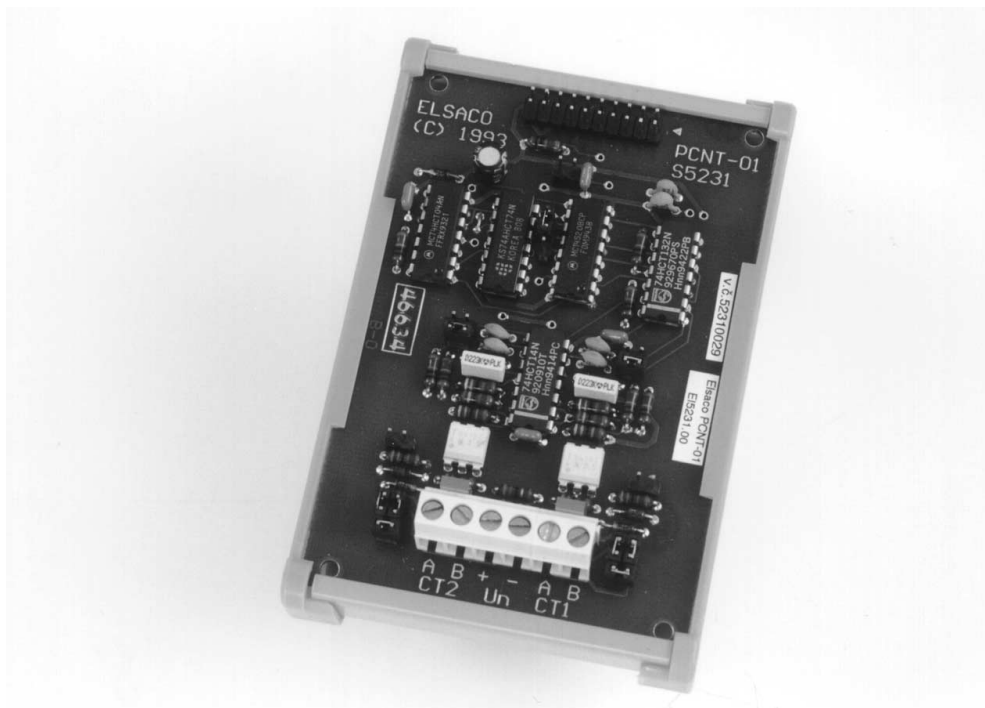
```
outport (addr, 1); // nastavení sekce B
b=inport (addr);
outport (addr, 3); // nastavení sekce D
d=inport (addr);
```

...

4.6 Technické údaje

Typ jednotky	PBI-01		PBI-02		PBI-03	
Objednací číslo	EI5221 .1x	EI5221 .2x	EI5222 .1x	EI5221 .2x	EI5223 .1x	EI5221 .2x
Celkový počet vstupů	32					
Počet vstupů ve skupině	8					
Společný vodič	minus		plus		—	
Vstupní napětí log.0 max. log.1 min. log.1 typ. log.1 max.	3V 8V 12V 18V	9V 18V 24V 30V	3V 8V 12V 18V	9V 18V 24V 30V	3V 8V 12V 18V	9V 18V 24V 30V
Vstupní napětí maximální krátkodobě (1s)	26V	40V	26V	40V	26V	40V
Vstupní proud při typickém vstupním napětí (log.1 typ)	6mA	6mA	6mA	6mA	6mA	6mA
Zpoždění log.0 log.1 log.1 log.0	20 s 1ms		20 s 1ms		30 s 10ms	
Izolační pevnost galvanického oddělení	2500 V					
Napájecí napětí	9÷15V					
Odběr z napájecího zdroje	90 mA					
Rozměry bez držáku	100x160 mm					
Rozsah pracovních teplot	-10..+55°C					

PCNT-01 modul čítačů pro SBPS-01



Univerzální dvojitý čítač s galvanickým oddělením

EI5231.1x

5.1 ÚVOD

Jednotka PCNT-01 je periferní jednotka systému Promos se dvěma čtyřbitovými čítači s galvanicky oddělenými vstupy. Umožňuje čítání impulsů z kontaktních nebo bezkontaktních čidel (impulsní výstupy průtokoměrů, elektroměrů, počítadla průchodů ap.).

Jednotka je určena k připojení na paralelní porty PA, PB nebo PC centrální jednotky SBPS-01.

Základní charakteristiky jsou:

2 nezávislé čítací vstupy s galvanickým oddělením

Každý vstup je samostatně konfigurovatelný pro připojení bezpotenciálového kontaktu, tranzistorového výstupu npn nebo npn

Čítání je odvozeno od náběžné, sestupné nebo od obou hran vstupního signálu

Možnost vydání přerušovacího signálu při příchodu čítacího impulsu

Každý vstup má samostatný čtyřbitový čítač, aktuální stav čítačů je přenášěn na vstupní osmibitový port centrální jednotky

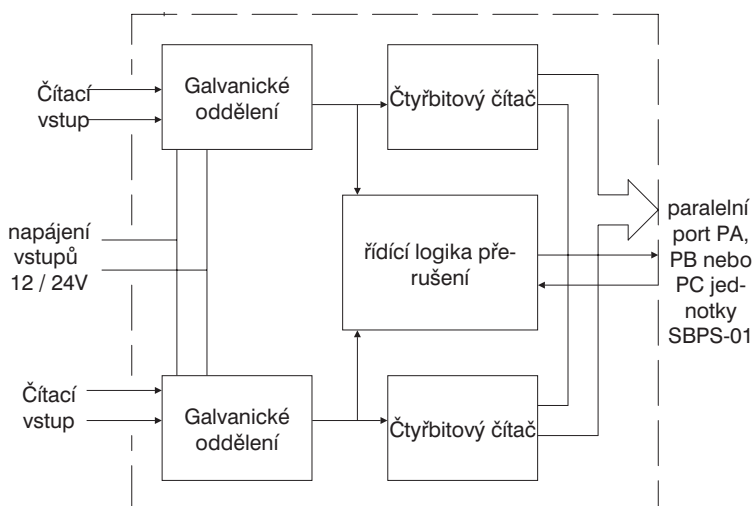
Napájení jednotky je zajištěno z 5V zdroje centrální jednotky, napájení vstupních obvodů může být 12 nebo 24 V

Pracovní teplota -10..+55°C

5.2 Popis jednotky

Blokové schéma je uvedeno na obrázku 5.1. Jednotka obsahuje vstupní obvody galvanického oddělení, dva čtyřbitové čítače a řídicí logiku. Elektrické schéma jednotky je na obrázku 5.3. Vstupní obvody se konfigurují s pomocí propojovacího pole X1 a X4. Na svorky XC1 a XC2 se připojí vstupní signály, napájecí napětí vstupních obvodů se přivede na svorky XC4. Propojky X1 a X5 se spojují při napájení vstupních obvodů napětím 12V.

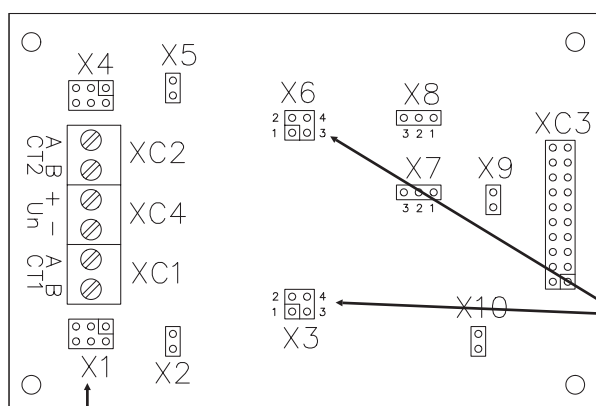
Propojovací pole X3 a X6 určují, podle které hrany vstupního signálu se mění stav čítače. Zapojením propojky na špičky 1-2 čítá při rozepnutí vstupního signálu (LED zhasne), zapojením propojky na špičky 3-4 čí-



Obr. 5.1 Blokové schéma jednotky PCNT-01

tač čítá při sepnutí vstupního signálu (LED se rozsvítí). Při zapojení obou propojek (tj. spojení špiček 1-2 a 3-4) čítač čítá na obě hrany vstupního signálu.

Propojky X7 a X8 slouží k řízení přerušovacího výstupu. Propojka X9 umožňuje zapojit čítače do kaskády a realizovat jeden osmibitový čítač.

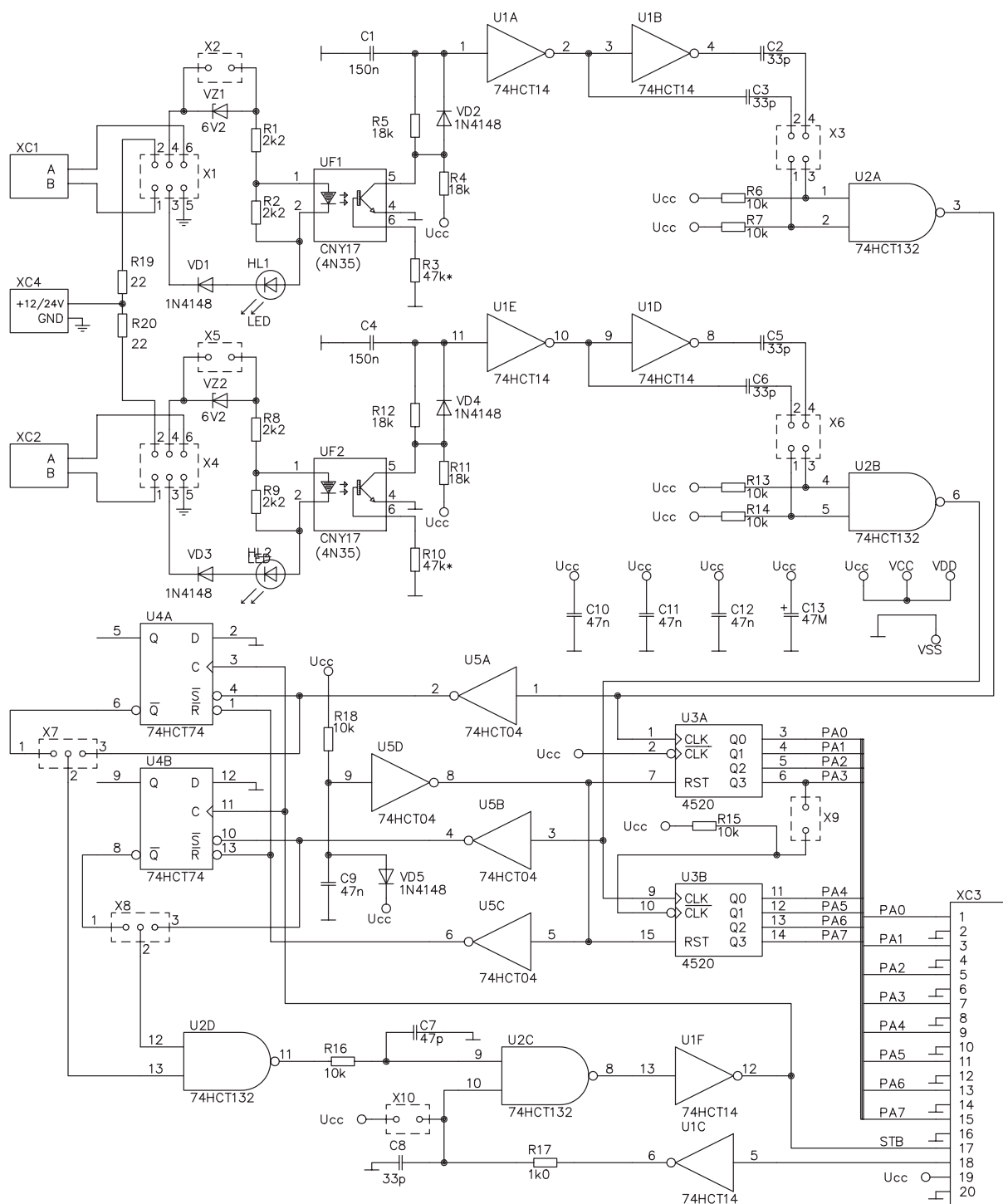


- bezpotenciálový kontakt nebo čidlo npn**
- bezpotenciálový kontakt nebo čidlo pnp**
na svorce A je katoda optronu, na svorce B je společná svorka
- aktivní čidlo** (napájecí napětí nemusí být přivedeno)
na svorce A je anoda optronu (+), na svorce B je katoda optronu

- čítání při rozepnutí vstupního signálu (LED zhasne)
- čítání při sepnutí vst. signálu (LED se rozsvítí)
- čítání při sepnutí i rozepnutí vstupního signálu

Čítací impuls je za optro- nem zpracován filtrem s konstantou cca 2.5 ms. Pro spolehlivou funkci by vstupní impulsy neměly být kratší než 4 ms.

Obr. 5.2 Rozmístění konfiguračních propojek



Obr. 5.3 Elektrické schéma jednotky

5.3 Umístění propojek a konfigurace

Rozmístění propojovacích špiček na plošném spoji jednotky je zřejmé z obrázku 5.2. Propojky X1, 2, 3, 7 přísluší kanálu CT1, propojky X 4, 5, 6, 8 kanálu 2.

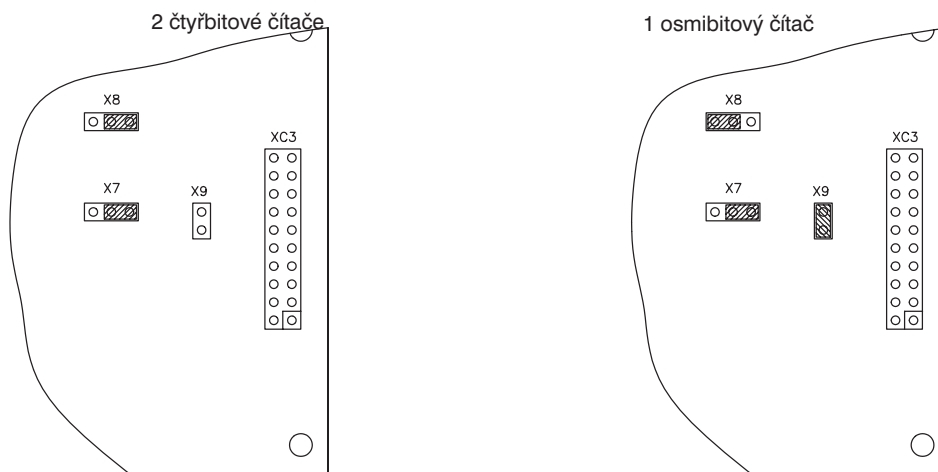
X1, X4 konfigurace vstupních obvodů

X2, X5 volba vstupního napětí. Při napájecím (ev. vstupním) napětí 24V jsou propojky X2

a X5 rozpojeny, při napětí 12V jsou X2 a X5 spojeny.

X3, X6 volba aktivní hrany vstupního signálu

X7, X8, X9 zapojení čítačů



5.4 Připojení k centrální jednotce

Konektor XC3 jednotky PCNT-01 se připojuje k některému z konektorů univerzálních osmibitových paralelních portů PA nebo PB centrální jednotky SBPS-01 (tj. ke konektorům XC5 nebo XC6). Spojovací kabel je plochý 20-ti žilový vodič se zařezávacími konektory PFL20. Napájení jednotky čítačů zajišťuje napájecí stabilizátor centrální jednotky, proudový odběr nepřesahuje 10 mA.

Pokud chcete využít přerušení programu centrální jednotky při příchodu impulsu, je nutno zapojit propojku pro přerušení od vstupu STB příslušného portu, viz popis centrální jednotky. Přerušení je možné využít pouze u portů PA a PB, připojení k portu PC umožňuje pouze asynchronní čtení stavu čítačů.

5.5 Programová obsluha

Čítače jednotky jsou přístupné čtením portu, ke kterému je jednotka připojena. Pokud je jednotka připojena k portu PA, získáme stav čítače příkazem:

```
■ inport(_PAD)
```

Pokud jsou v jednotce použity dva čtyřbitové čítače, je čítač kanálu 1 na dolních 4 bitech (bity 0÷3), čítač kanálu 2 na horních 4 bitech (bity 4÷7). Při asynchronním snímání stavu portu je vhodné čtení provést bezprostředně 2x za sebou a zpracování provést pouze pokud jsou oba vzorky shodné. Pokud by se čtení portu uskutečnilo přesně v době příchodu čítacího impulsu, mohl by být stav čítače nesprávný (některé bity odpovídají novému stavu, některé ještě původnímu stavu čítače).

Je-li při spolupráci s jednotkou využito přerušení, bude generováno INT1 pro port PA, případně INT2 pro port PB. Je třeba si uvědomit, že k povolení přerušení INT1 (nebo INT2) je nutno kromě povolení přerušení také uvolnit maskovací bity v registru ITC procesoru Z180. K tomu jsou v knihovně `PMSCPU.LIB` připraveny funkce `enb_int1()` a `enb_int2()` pro povolení a `dis_int1()` a `dis_int2()` pro zamaskování přerušení INT1 a INT2. Přerušení je ovládáno signálem STB z ko-

nektoru partu PA nebo PB. Pro napojení signálu STB portu PA na přerušovací signál INT1 je nutno spojit špičky 1-2 propojky X4 na základní desce SBPS-01, pro port PB špičky 1-2 propojky X5.

Následující fragment programu demonstruje obsluhu čítače, připojeného na port PA. Stav čítačů je pod přerušením ukládán do globálních proměnných CT1 a CT2.

```
char ct1, ct2;
main() {
    inport (_PADIR); // PA na vstup
    enb_int1(); // povolení v ITC reg
    EI();
    . . .
}
#INT_VEC INT1_VEC pa_isr // vektor
interrupt pa_isr() {
    char x;
    x=inport(_PAD); // sejmuti, stavu
                    // a zruseni INT
    ct1=x&0xF; // dolní 4 bity
    ct2=(x>>4)&0xF; // horní 4 bity
}
```

5.6 Technické údaje

Objednací číslo	EI5231.0x	
Počet čítačů	2 x 4 bity	
Vstupní napětí	log.0 max	3 V *
	log.1 min	8 V *
	log.1 typ	12 V *
	log.1 max	18 V *
		6 V **
		18 V **
		24 V **
		30 V **
Vstupní napětí maximální krátkodobě (1s)	26 V *	40 V **
Vstupní proud při log.1 typ	8 mA	
Filtr vstupních signálů	4 ms	
Minimální délka vstupního impulsu	5 ms	
Izolační pevnost galvanického oddělení	2500 V	
Napájecí napětí	5 V 10%	
Odběr z napájecího zdroje	max 10 mA	
Rozměry bez držáku	67.5x100 mm	
Rozsah pracovních teplot	-10..55°C	

* propojka X2 nebo X5 spojena

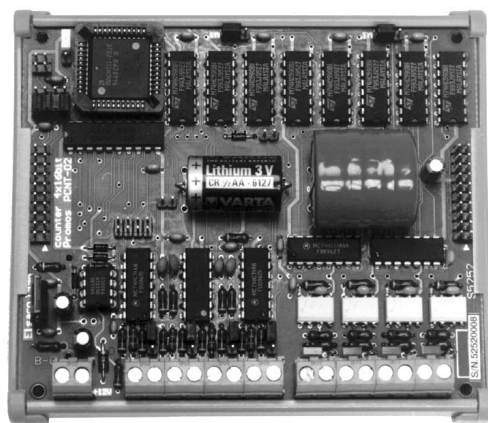
** propojka X2 nebo X5 rozpojena

|

|

PCNT-02

čítače 4x16 bitů / 2x32 bitů



- EI5252.0x - standardní
- EI5252.1x - zálohovaná

6.1 Úvod

Jednotka PCNT-02 je periferní jednotka moduluárního systému Promos, určená k připojení na paralelní sběrnici.

Standardní provedení obsahuje čtyři šestnáctibitové čítače s možností kaskádování po dvojicích. Umožňuje čítání impulsů z kontaktních nebo bezkontaktních čidel (impulsní výstupy průtokoměrů, elektroměrů, počítadla průchodů ap.).

Zálohované provedení obsahuje navíc akumulátor, který zálohuje stav čítačů a umožňuje čítání z nízkopotenciálových kontaktních vstupů i při vypnutém napájecím napětí systému.

Základní charakteristiky jsou:

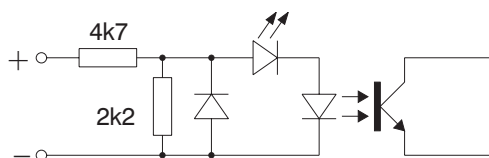
- 4 nezávislé čítače 16 bitů s galvanicky oddělenými vstupy, stav vstupů je indikován LED
- možnost kaskádování čítačů na 1x 32bitů + 2x 16bitů nebo 2x 32 bitů
- Čítání je odvozeno od hrany vstupního signálu
- Napájení vstupních obvodů 24 V
- Vstupní kmitočet až 100 kHz
- Možnost čítání a uchování stavu čítačů i při vypnutém napájecím napětí
- Pracovní teplota -10..+55°C

6.2 Popis jednotky

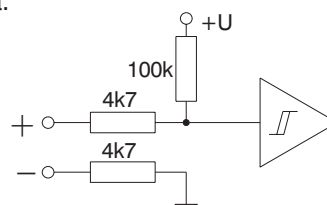
Blokové schéma jednotky je uvedeno na obr. 6.1. Každý čítač obsahuje samostatně galvanicky oddělený vstupní obvod nebo neoddělený nízkopotenciálový vstup pro čítání při vypnutém napájecím napětí. Stav čítačů jsou čteny na paralelní sběrnici, řídicí logika zajišťuje zachycení stavu čítače při čtení na osmibitovou sběrnici, takže čtený údaj je vždy konzistentní. Adresový selektor určuje adresu jednotky na sběrnici. Napájecí obvod zajišťuje stabilizované napětí pro napájení všech obvodů jednotky a dobíjení akumulátoru pro jednotky se zálohováním.

Schéma vstupního obvodu s galvanickým oddělením je na obrázku 6.2. Vstup obsahuje odporový dělič, ochrannou diodu proti přepólování, indikační diodu a oddělovací optron.

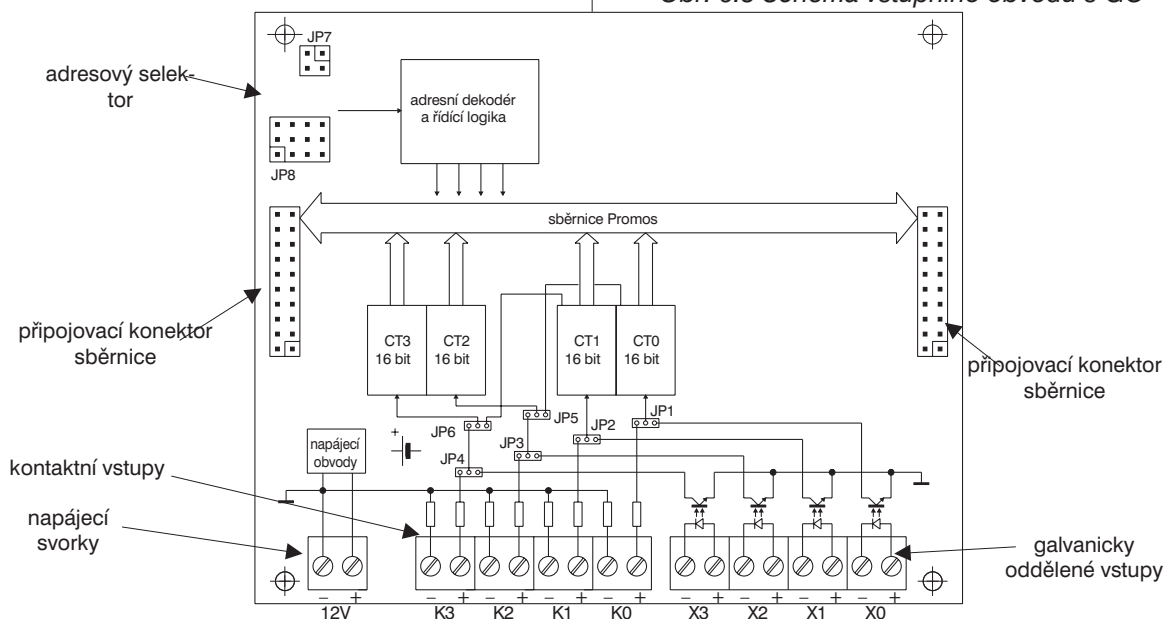
Schéma vstupního obvodu pro zálohované čítače je uvedeno na obrázku 6.3. Vstup je napájen napětím 5V (nebo 3.6V z akumulátoru při výpadku napájení). Bezpotenciálový kontakt je připojen přes ochranné odpory 4k7. Vstup není galvanicky oddělen od společného napájení systému. V případě použití zálohovaných vstupů musí být odpovídající propojka přepínání vstupu (JP1..JP4) rozpojena.



Obr. 6.2 Schéma vstupního obvodu s GO



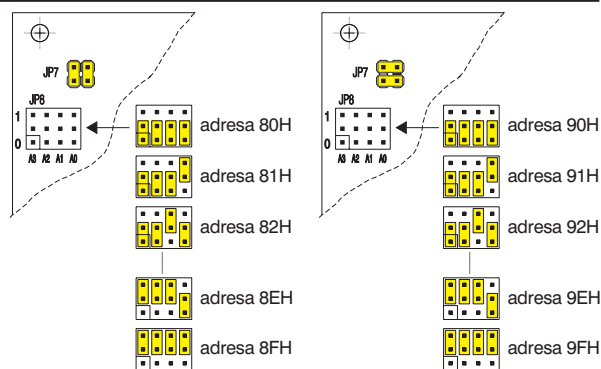
Obr. 6.3 Schéma vstupního obvodu s GO



Obr. 6.1 Blokové schéma jednotky PCNT-02

6.3 Adresování

Každá jednotka musí mít na sběrnici unikátní adresu. K nastavení sběrnicové adresy jednotky slouží propojovací pole JP7 a JP8 (viz obr. 6.4). Propojkami JP7 se nastavuje skupina adres od 80H nebo 90H, binární kombinací na JP8 se nastavuje dolní část adresy.

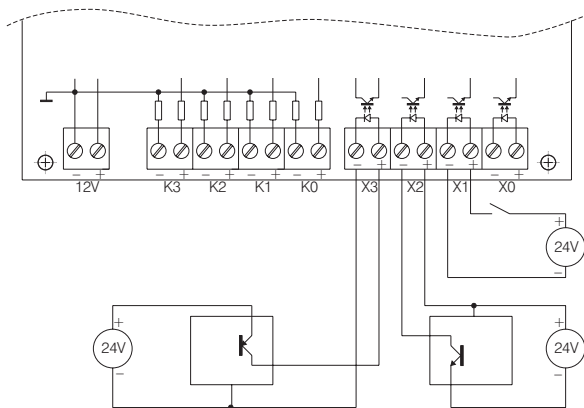


Obr. 6.4 Nastavení adresy jednotky

6.4 Připojení vstupů

Galvanicky oddělené vstupy

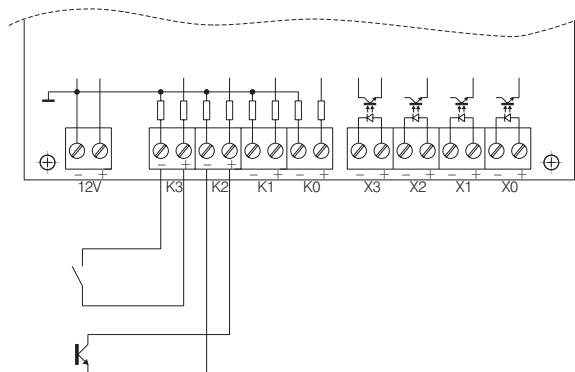
Pro připojení slouží svorky X0..X3. Vstupy jsou samostatně odděleny, takže je možné libovolně kombinovat zapojení se společným plus i mínus, tj. čidla s výstupem typu pnp, npn nebo napájené kontakty. Různé druhy zapojení uvádí obr. 6.5.



Obr. 6.5 Připojení signálů ke vstupům s GO

Kontaktní vstupy

Pro připojení nízkonapěťových signálů slouží svorky K0..K3. Svorka "+" je napájena přes odpor z napětí akumulátoru (viz obr. 6.3), vlastním spínacím prvkem může být kontakt (např. jazýčkový kontakt) nebo spínací prvek (např. tranzistor). U polovodičových spínačů je nutno dbát na to, že svorka "-" je spojena přes odpor se společným vodičem napájení jednotky.



Obr. 6.6 Připojení signálů ke kontaktním vstupům

6.5 Programová obsluha

Jednotka zabírá na sběrnici jednu adresu pro zápis (řídící registr CW) i čtení (registr čtení dat). Registry jsou přímo přístupné funkcemi `inport()` a `outport()`.

Význam bitů řídicího registru:

bit	7	6	6	4	3	2	1	0
CW	x	x	x	x	C/I	R2	R1	R0

bity označené x nejsou využívány.

C/I (bit 3) Bit určuje čtení stavu vstupů (C/I=0) nebo čtení čítačů (C/I=1). Při přechodu bitu C/I vnitřního registru z 1 do 0 je zachycen stav všech čítačů do čtecích registrů a při následujícím čtení s C/I=1 se nemění. Pro čtení další aktuální hodnoty je nutno znovu zapsat bit C/I=1 a následně C/U=0 pro zachycení nového stavu.

R0..R2 (bity 0..2) Pokud je C/I=1 (čte se stav čítačů), určují bity R0, R1 a R2 čtený byte čítače podle následující tabulky:

R2	R1	R0	čtený registr
0	0	0	CNT0 - L (dolní byte)
0	0	1	CNT0 - H (dolní byte)
0	1	0	CNT1 - L (dolní byte)
0	1	1	CNT1 - H (dolní byte)
1	0	0	CNT2 - L (dolní byte)
1	0	1	CNT2 - H (dolní byte)
1	1	0	CNT3 - L (dolní byte)
1	1	1	CNT3 - H (dolní byte)

Čtení stavu vstupů

```
#define CNT 0x80 // adresa PCNT-02
outport (CNT, 0); // C/I=0
i=inport (CNT); // čtení stavu
```

Proměnná *i* bude obsahovat v dolních 4 bitech okamžitý stav vstupů X0, X1, X2 a X3 (v bitu 0 je X0, v bitu 1 X1 atd.).

Čtení stavu čítačů

```
#define CNT 0x80 // adresa PCNT-02
union {
    unsigned int x;
    char c[2];
} cnt0, cnt1, cnt2, cnt3;
```

```
outport (CNT, 8); // C/I=1
outport (CNT, 0); // C/I=0
outport (CNT, 8); // C/I=1, CNT0-L
cnt0.c[0]=inport (CNT); // CNT0-L
outport (CNT, 9); // C/I=1, CNT0-H
cnt0.c[1]=inport (CNT); // CNT0-H
```

```
outport (CNT, 0xA); // C/I=1, CNT1-L
cnt1.c[0]=inport (CNT); // CNT1-L
outport (CNT, 0xB); // C/I=1, CNT1-H
cnt1.c[1]=inport (CNT); // CNT1-H
outport (CNT, 0xC); // C/I=1, CNT2-L
cnt2.c[0]=inport (CNT); // CNT2-L
outport (CNT, 0xD); // C/I=1, CNT2-H
cnt2.c[1]=inport (CNT); // CNT2-H
outport (CNT, 0xE); // C/I=1, CNT3-L
cnt3.c[0]=inport (CNT); // CNT3-L
outport (CNT, 0xF); // C/I=1, CNT3-H
cnt3.c[1]=inport (CNT); // CNT3-H
..
printf ("%5u %5u %5u %5u\n",
        cnt0.x, cnt1.x, cnt2.x, cnt3.x);
```

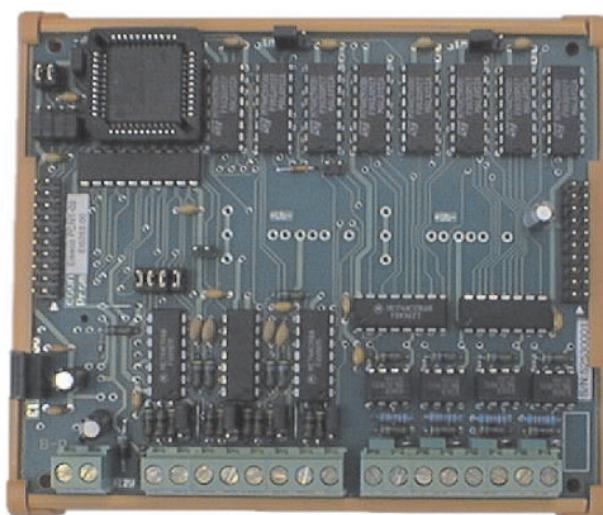
Před každým čtením čítačů se provede zápis $C/I=1$ a $C/I=0$, tím se zachytí nový aktuální stav čítačů a při dalším čtení s $I/C=1$ se zachycený stav nemění, tzn. nemůže dojít ke změně stavu mezi čtením dolního a horního bytu jednoho čítače, případně dvou kaskádovaných čítačů.

6.6 Technické údaje

	EI5252.0x	EI5252.1x	
Verze	standardní	zálohovaná	
Galvanicky oddělené vstupy			
Vstupní napětí:	log. 0 max log. 1 min log. 1 typ log. 1 max	4 V 18 V 24 V 30 V	4 V 18 V 24 V 30 V
Vstupní napětí maximální (1s)	40 V	40 V	
Vstupní proud při log. 1 typ	10 mA	10 mA	
Minimální délka vstupního impulsu	5 s	5 s	
Maximální vstupní kmitočet	100 kHz	100 kHz	
Izolační pevnost galvanického oddělení	2500 V	2500 V	
Kontaktní nízkopotenciálové vstupy			
Napětí na rozepnutém vstupu	–	3 V, max. 5 V	
Proud sepnutého vstupu	–	10 A, max 20 A	
Maximální odpor v sepnutém stavu	–	500 Ω	
Maximální kmitočet vstupního signálu	–	10 kHz	
Doba zálohování z akumulátoru		1 rok	
Ostatní			
Napájecí napětí jednotky	9 ÷ 15 V		
Odběr z napájecího zdroje	max. 150 mA		
Rozměry desky bez držáku	100x120 mm		
Pracovní teplota	-10 ÷ 50°C		

PCNT-03

čítače pro 2 inkrementální snímače polohy



EI5253.0x - standardní

7.1 Úvod

Jednotka PCNT-03 je periferní jednotka moduluárního systému Promos, určená pro vyhodnocování inkrementálních snímačů polohy. Připojuje se na paralelní sběrnici. Obsahuje čtyři šestnáctibitové čítače, obvody rozlišení směru a zachycení stavu čítače při příchodu indexového pulsu.

4 čítače 16 bitů, na každou souřadnici rozlišení směru ze stop A a B inkrementálního snímače polohy
Možnost použití i jako univerzální čítače
Vstupní kmitočet až 1 MHz
Pracovní teplota -10..+55°C

7.2 Popis jednotky

Blokové schéma jednotky je uvedeno na obr. 7.1. Jednotka obsahuje šestnáctibitové čítače, dva pro každou odměřovanou souřadnici. Pro každou souřadnici jsou vyvedeny vstupy A, B (2 stopy kvadrurního signálu) a N (nulový impuls). Vstupy jsou galvanicky neoddělené s úrovní TTL.

Pokud je jednotka použita pro vyhodnocení pouze jednoho inkrementálního snímače, je možné ostatní čítače použít jako běžné čítače s vnějším vstupem TTL nebo 24V s GO.

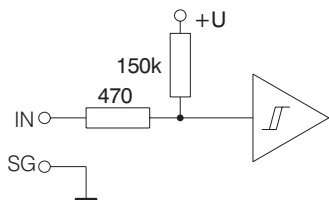
Pro vyhodnocení inkrementálního snímače jsou použity dva šestnáctibitové čítače. Po vyhodnocení směru podle fáze vstupních signálů A a B jsou vydávány impulsy do čítače vpřed (UP) nebo vzad (DN). Oba čítače čítají pouze nahoru, skutečná poloha se pak vyhodnocuje podle rozdílu stavů

obou čítačů. Řídící logika umožňuje před vlastním čtením zachytit stavy všech čítačů v jednom okamžiku a tak zajistit konzistentní údaj.

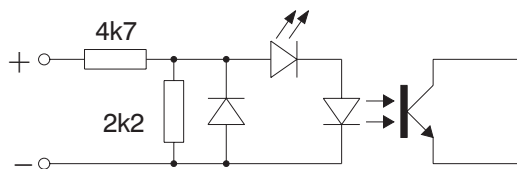
Pro každou souřadnici je vyveden vstup pro přivedení nulového impulsu. Řídící logika umožňuje hardwarově zachytit přesný stav čítačů v době příchodu nulového impulsu.

Schéma vstupu TTL pro inkrementální čítače je uvedeno na obrázku .. Vstup není galvanicky oddělen od společného napájení systému. V případě použití vstupů TTL nesmí být signál log.1 na odpovídajícím vstupu 24V.

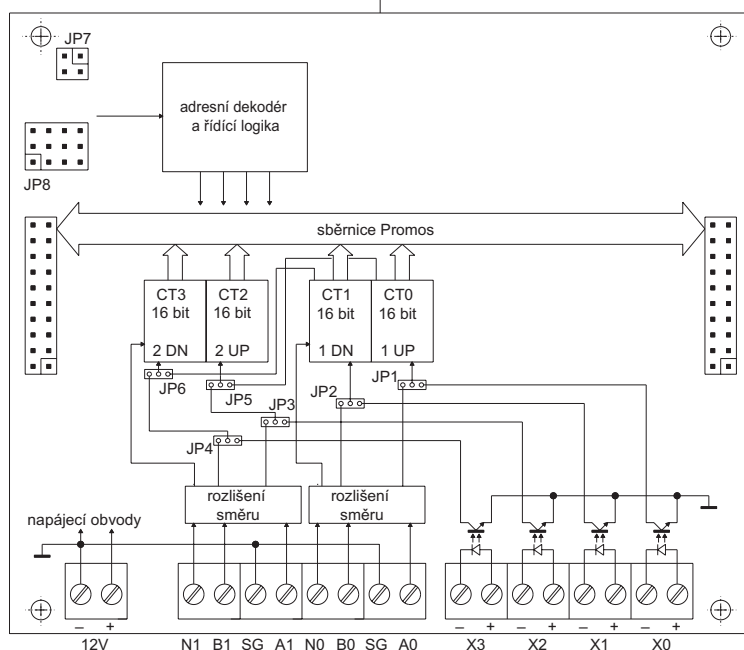
Schéma vstupního obvodu 24V s galvanickým oddělením je na obrázku 7.3. Vstup obsahuje odporový dělič, ochrannou diodu proti přepólování, indikační diodu a oddělovací optron.



Obr. 7.2 Schéma vstupního obvodu TTL



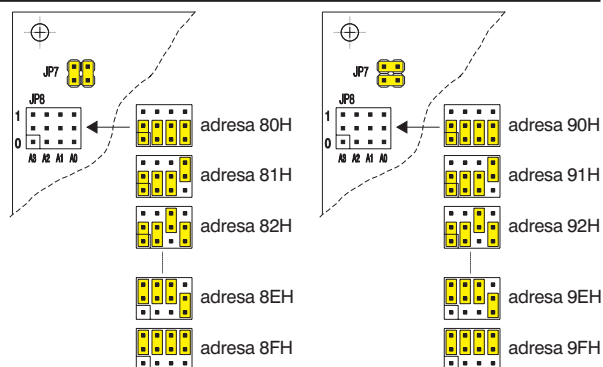
Obr. 7.3 Schéma vstupního obvodu s GO



Obr. 7.1 Blokové schéma PCNT-03

7.3 Adresování

Každá jednotka musí mít na sběrnici unikátní adresu. K nastavení sběrnicové adresy jednotky slouží propojovací pole JP7 a JP8 (viz obr. 7.5), propojka JP 7 volí adresy 8xH a 9xH. Adresa se nastavuje binární kombinací propojek A0..A3 v poli JP8.



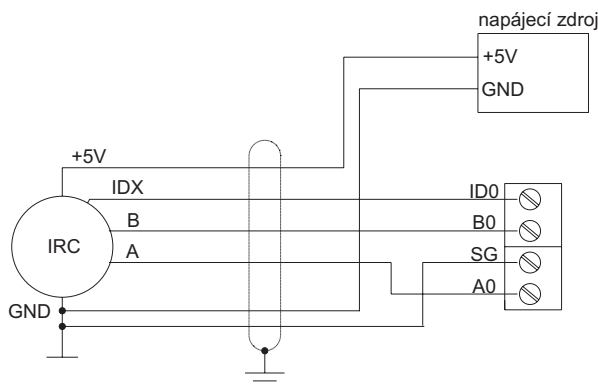
Obr. 7.5 Nastavení adresy jednotky

7.4 Připojení vstupů

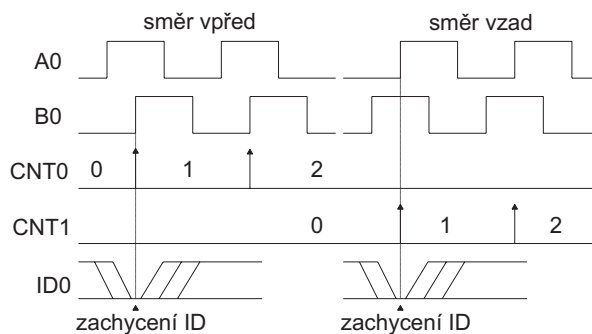
Vstupy pro inkrementální snímač

Pro připojení nízkonapěťových signálů snímače polohy slouží svorky A, B, ID a SG pro každou měřenou souřadnici. Vstupy nejsou galvanicky oddělené od systémové sběrnice. Vstupy A a B se připojují na 2 stopy inkrementálního čidla, vstup ID je vstup indexu (nulového pulsu), SG je společný vodič. Příklad připojení je uveden na obrázku 7.6. Vzhledem k tomu, že signály jsou nízkonapěťové, je nutné připojení provést stíněným kabelem. Napájení inkrementálního snímače zajišťuje externí napájecí zdroj 5V (např. PWM-07).

Je nutno dbát na vhodné zapojení společného vodiče, neboť je společný pro napájení i datové signály. Zapojení dle obrázku eliminuje úbytek napětí vznikající napájecím proudem na společném vodiči zpětným vedením společného vodiče. Po-



Obr. 7.6 Příklad připojení inkrementálního čidla



Obr. 7.4 Průběhy vstupních signálů

kud bude mít společný vodič dostatečný průřez a úbytek od napájecího proudu na něm bude zanedbatelný (menší než cca 0,2V) je možné vést pouze jeden vodič. Úbytek na společném vodiči m.j. také snižuje odolnost proti rušení signálových vstupů. Při použití více snímačů je nutno se vyvarovat vytvoření smyček na společném vodiči.

Galvanicky oddělené vstupy

Pokud jsou čítače používány jako běžné čítače, je možné používat galvanicky oddělené vstupy 24V. Pro připojení slouží svorky X0..X3. Vstupy jsou samostatně odděleny, takže je možné libovolně kombinovat zapojení se společným plus i mínus, tj. čidla s výstupem typu pnp, npn nebo napájené kontakty. Při použití galvanicky oddělených vstupů je nutno podle potřeby nastavit propojky P1-P4 (v základním nastavení jsou propojky rozpojené).

Jednotka zabírá na sběrnici jednu adresu pro zápis (řídící registr) i čtení (status nebo data). Do zápisového registru se zapisují řídicí slova pro nastavení činnosti a také pro specifikaci čteného údaje. Čtecí registr obsahuje stavové slovo jednotky nebo data čtená z čítačů. Registry jsou přímo přístupné funkcemi `inport()` a `outport()`.

7.5 Programová obsluha

Řídící slovo CW1 - módování čítačů

bit	7	6	6	4	3	2	1	0
CW1	0	1	0	0	0	0	M23	M01

M01 (bit 0)

M01 = 1 - čítače 0 a 1 pro vyhodnocení inkrementálního snímače (A0, B0, ID0)
M01 = 0 - čítače 0 a 1 jako normální čítače

M23 (bit 1)

M23=1 - čítače 2 a 3 pro vyhodnocení inkrementálního snímače (A1, B1, ID1)

M23=0 - čítače 2 a 3 jako normální čítače

Řídící slovo CW2 - nulování čítačů

bit	7	6	6	4	3	2	1	0
CW2	1	0	0	0	0	0	0	x

Zápisem 80H dojde k jednorázovému vynulování čítače 0 a zápisem 81H čítače 1.

Řídící slovo CW3 - zachycení nulového pulsu

bit	7	6	6	4	3	2	1	0
CW3	0	0	1	0	0	0	0	EID

EID (bit 0)

EID=1 umožní zachycení stavu čítače při příchodu indexového impulsu. Příznak že došlo k zachycení (v době přítomnosti indexového pulsu byl vygenerován čítací impuls) se nachází ve stavovém slově (bity IDH0, IDH1). Pokud je některý z bitů IDH ve stavu 1, je při čtení místo okamžitého stavu čítače vrácen stav čítače v době zachycení indexového impulsu. EID=0 zakazuje zachycení nulového impulsu a shazuje příznaky zachycení stavového slova (bity IDH0 a IDH1).

Řídící slovo CW4 - výběr čtení

bit	7	6	6	4	3	2	1	0
CW4	0	0	0	0	C/S	R2	R1	R0

C/S (bit 3) při C/S=1 je do čtecího registru ukládáno stavové slovo, při C/S=0 je do čtecího registru ukládána hodnota příslušného bytu zvoleného čítače. Při přechodu C/S z 0 do 1 se zachytí okamžitý stav všech čítačů do registrů a při dalším čtení s C/S=1 se uchovaný stav čítačů nemění. Nemůže tedy dojít ke změně stavu mezi čtením dolního a horního bytu čítače nebo mezi čtením čítačů vpřed a vzad.

R2, R1, R0 (bity 2÷0) bity určují čtený byte podle následující tabulky:

R2	R1	R0	čtený registr
0	0	0	CNT0 - L (dolní byte)
0	0	1	CNT0 - H (dolní byte)
0	1	0	CNT1 - L (dolní byte)
0	1	1	CNT1 - H (dolní byte)
1	0	0	CNT2 - L (dolní byte)
1	0	1	CNT2 - H (dolní byte)
1	1	0	CNT3 - L (dolní byte)
1	1	1	CNT3 - H (dolní byte)

Stavové slovo

bit	7	6	5	4	3	2	1	0
STAT	0	EID	M23	M01	IDH1 /IN3	ID1 /IN2	IDH0 /IN1	ID0 /INO

EID (bit 6) kopíruje nastavený stav bitu EID podle zápisu řídicího slova CW3.

M23 (bit 5) kopíruje nastavený mód M23 čítačů 2 a 3 podle zápisu řídicího slova CW1

M01 (bit 4) kopíruje nastavený mód M01 čítačů 0 a 1 podle zápisu řídicího slova CW1

IDH1/IN3 (bit 3) při M23=1 signalizuje zachycení nulového impulsu ID1 (funkce musí být povolena bitem EID slova CW3); při M23=0 kopíruje vstupní signál čítače 3 (vstup X3).

ID1/IN2 (bit 2) při M23=1 kopíruje stav vstupu indexového impulsu ID1; při M23=0 kopíruje stav vstupu čítače 2 (X2).

IDH0/IN1 (bit 1) při M01=1 signalizuje zachycení nulového impulsu ID0 (funkce musí být povolena bitem EID slova CW3); při M01=0 kopíruje vstupní signál čítače 1 (vstup X1).

ID0/INO (bit 0) při M01=1 kopíruje stav vstupu indexového impulsu ID0; při M23=0 kopíruje stav vstupu čítače 0 (X0).

Inicializace modulu

```
#define PCNT 0x84 //adresa jednotky
```

```

outport(PCNT,0x43); // inkrementální
outport(PCNT,0x20); // zákaz ID
outport(PCNT,0x80); // nulování čítačů
outport(PCNT,0); // nastavit status
i=inport(PCNT); // čtení stavu

```

Pokud je deska připojená na sběrnici a má nastavenou správnou adresu, musí být v proměnné *i* nastaveny bity 4 a 5 (M01, M23) - podle toho je možné identifikovat přítomnost.

Čtení stavu čítačů

pro jednoduchost uvedeme příklad čtení čítačů CNT0 a CNT1. Před vyčtením čítačů se jejich stav zachytí do registrů a po dobu čtení se stav v registrech nemění.

```

union byte_int {
    int x;
    char c[2];
} cnt0, cnt1;

outport (CNT,0); // C/S=0
outport (CNT,8); // C/S=1, CNT0-L
cnt0.c[0]=inport (CNT); // CNT0-L
outport (CNT,9); // C/S=1, CNT0-H
cnt0.c[1]=inport (CNT); // CNT0-H
outport (CNT,0xA); // C/S=1, CNT1-L
cnt1.c[0]=inport (CNT); // CNT1-L
outport (CNT,0xB); // C/S=1, CNT1-H
cnt1.c[1]=inport (CNT); // CNT1-H
outport (CNT,0xC); // C/S=1, CNT2-L
.. čtení čítačů 2 a 3 je analogické

```

Vyhodnocení polohy souřadnice

Teoreticky je možné polohu odměřované souřadnice vypočítat jako rozdíl čítačů vpřed (CNT0) a vzad (CNT1). To však umožňuje odměřovat polohu pouze v intervalu -32768÷32767. To je pro většinu aplikací nedostatečné. Proto je vhodnější vyhodnocovat polohu diferenciálně tak, že se čítače vyčí-

tají periodicky (např. v pravidelném rastru 10ms). Při každém vyčtení vyhodnotíme rozdíl čítače vpřed a vzad od minulého stavu, což udává počet načítaných impulsů vpřed a vzad od posledního čtení. Rozdíl těchto čísel udává přírůstek polohy od posledního čtení.

Při vypočítávání rozdílu čítačů se provádí rozdíl int čísel (nový stav mínus starý stav) s ignorováním znaménkového bitu, výsledek je korektní i při přetečení čítače. Jedinou omezující podmínkou je to, že mezi dvěma vyhodnoceními se nesmí čítač přetočit o více než polovinu, tj za periodu čtení je možno načítat maximálně 32768 impulsů. Podle maximálního kmitočtu vstupních impulsů pak můžeme stanovit potřebnou periodu čtení.

Algoritmus pro vyhodnocení polohy pak může vypadat např. následujícím způsobem. (předpokládáme globální definici union byte_int cnt0 a cnt1, kde je od poslední uložen poslední stav čítačů)

globální definice:

```
int cnt0,cnt1; // uchované stavy čítačů
long pos0; // pozice souřadnice 0
```

část programu pro periodické vyhodnocení:

```
union byte_int x,y; //pomocné
outport(PCNT,0);
outport(adr,0x8); x.c[0]=inport(adr);
outport(adr,0x9); x.c[1]=inport(adr);
outport(adr,0xA); y.c[0]=inport(adr);
outport(adr,0xB); y.c[1]=inport(adr);
// x.i obsahuje nový stav CNT0
// y.i obsahuje nový stav CNT1
pos0+=(x.i-cnt0)-(y.i-cnt1);
cnt0=x.i; cnt1=y.i; //uchovani
```

Vyhodnocení vstupu indexu

Protože inkrementální snímač poskytuje pouze informaci o změně polohy, je pro zjištění absolutní polohy souřadnice nejprve nutno dosáhnout tzv. referenčního bodu, ke kterému se následně bude odměřování polohy vztahovat.

Pro nejjednodušší určení polohy je možné použít koncový spínač, zavedený na logický vstup. Při aktivaci koncového snímače odečteme polohu referenčního bodu. Ta však nebude příliš přesná a bude záviset na rychlosti přejezdu, protože reakce na logický vstup a následné vyčtení stavu čítačů vždy trvá nenulovou dobu. Navíc snímače mají vždy určitou nejistotu polohy (mechanická pružnost, teplotní závislost ap.).

Pro přesnější určení se používá ještě indexový (nulový) impuls snímače (snímač jej obvykle vydává jedenkrát za otáčku). Po přejetí referenčního snímače se zachytí první indexový impuls snímače. Jednotka PCNT-03 umožňuje hardwarově za-

chytit stavy čítačů při výskytu indexového impulsu a tak získat polohu s přesností ± 1 inkrement.

Pro zachycení indexového pulsu musíme nejprve zapsat řídicí slovo CW3 s bitem EID=1 (nastavení bitu je možné zkontrolovat čtením statusu - bit EID musí být 1). Od této chvíle se vyhodnocuje stav vstupu ID. Pokud přijde čítací impuls v době trvání ID, nastaví se příslušný bit IDH stavového slova do 1 a zachytí se stavy všech čítačů do vyrovnávacích registrů. Při následujícím čtení až do shoení EID budou vydávány vždy zachycené stavy místo aktuálních stavů čítačů. Zachycení indexového pulsu ukončíme zápisem řídicího slova CW3 s bitem EID=0; tím se shodí bity IDH a EID ve stavovém slově a je možné číst aktuální stavy čítačů. Po úpravě předcházejícího fragmentu programu dostaneme přibližně následující:

globální definice:

```
int cnt0,cnt1; // uchované stavy čítačů
long pos0; // pozice souřadnice 0
long posid0; // pozice při IDX
```

pro zachycení nastavíme bit EID:

```
outport(PCNT,0x21); // EID=1
```

část programu pro periodické vyhodnocení:

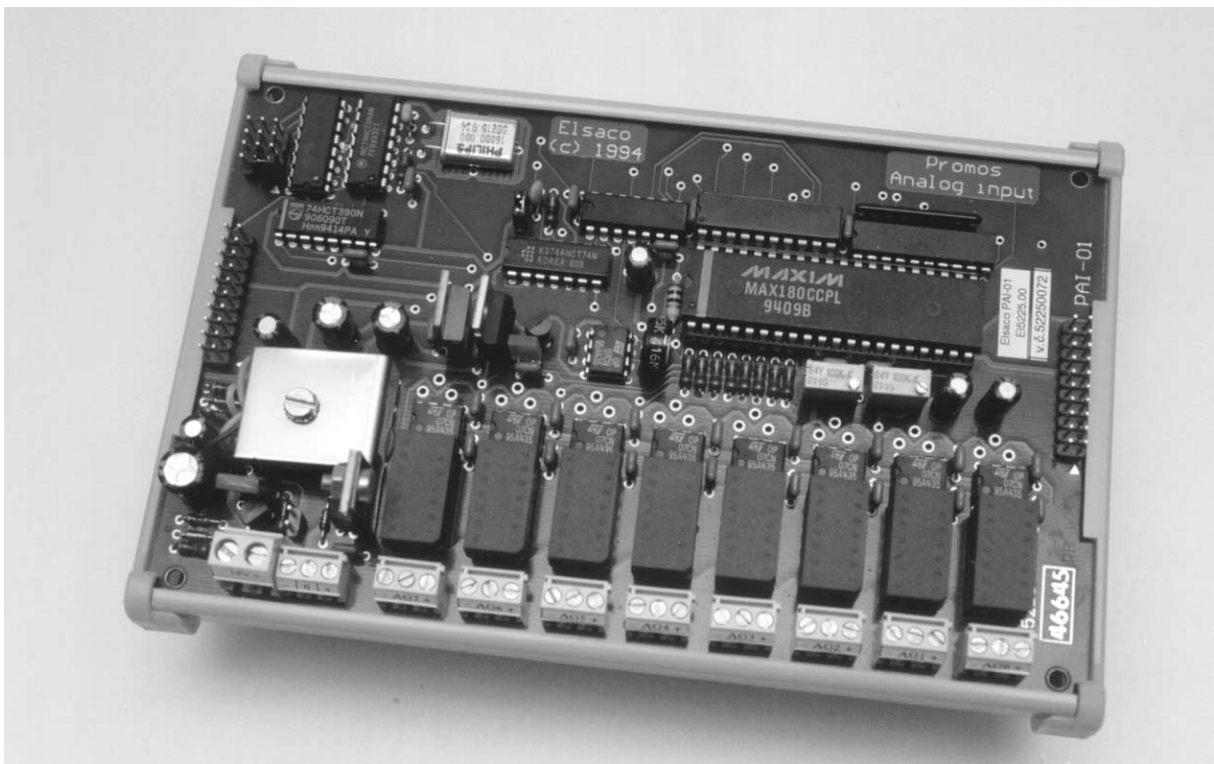
```
union byte_int x,y; //pomocné
int stat;
outport(PCNT,0);
stat=inport(PCNT); // status
if(BIT(&stat,1)) { // zachycen ID
    outport(adr,0x8);
    x.c[0]=inport(adr); // cteni CNT0L
    outport(adr,0x9);
    x.c[1]=inport(adr); // cteni CNT0H
    outport(adr,0xA);
    y.c[0]=inport(adr); // cteni CNT1L
    outport(adr,0xB);
    y.c[1]=inport(adr); // cteni CNT1H
    // x.i obsahuje zachyceny stav CNT0
    // y.i obsahuje nový stav CNT1
    posid0=pos0+(x.i-cnt0)-(y.i-cnt1);
    // tedy relativně vzhledem k poslední
    // známé poloze
    outport(PCNT,0x20); // shoení EID
} // následuje čtení aktuální polohy
outport(PCNT,0);
outport(adr,0x8);
x.c[0]=inport(adr); // cteni CNT0L
outport(adr,0x9);
x.c[1]=inport(adr); // cteni CNT0H
outport(adr,0xA);
y.c[0]=inport(adr); // cteni CNT1L
outport(adr,0xB);
y.c[1]=inport(adr); // cteni CNT1H
// x.i obsahuje nový stav CNT0
// y.i obsahuje nový stav CNT1
pos0+=(x.i-cnt0)-(y.i-cnt1);
cnt0=x.i; cnt1=y.i; //uchovani
...
```

7.6 Technické údaje

Galvanicky oddělené vstupy		
Vstupní napětí:	log. 0 max log. 1 min log. 1 typ log. 1 max	4 V 18 V 24 V 30 V
Vstupní napětí maximální (1s)		40 V
Vstupní proud při log. 1 typ		10 mA
Minimální délka vstupního impulsu		5 s
Maximální vstupní kmitočet		100 kHz
Izolační pevnost galvanického oddělení		2500 V
Nízkopotenciálové vstupy TTL pro inkrementální snímač		
Vstupní napětí:	log. 0 max log. 1 min log. 1 typ. log. 1 max	0,8 V 2,0 V 2,4 V 5 V
Maximální vstupní kmitočet		500 kHz
Ostatní		
Napájecí napětí jednotky		9 ÷ 15 V
Odběr z napájecího zdroje		max. 150 mA
Rozměry desky bez držáku		100x120 mm
Pracovní teplota		-10 ÷ 50°C

PAI-01

modul analogových vstupů



8 analogových vstupů

EI5225.0x standardní provedení
EI5225.1x precizní provedení

8.1 ÚVOD

Jednotka PAI-01 je periferní jednotka systému Promos s 8 diferenciálními analogovými vstupy. Umožňuje měření napětí, proudů a odporů v různých rozsazích.

Jednotka je určena k připojení paralelní sběrnici centrální jednotky SBPS-01. Základní charakteristiky jsou:

8 plně diferenciálních vstupů s A/D převodem 12bitů

Každý vstup je samostatně konfigurovatelný zasunutím modulu odporové sítě pro daný proudový, napěťový nebo odporový rozsah

Standardní rozsahy 0÷2.5 V, 0÷10 V, 0÷20 mA, Pt100 ap., na objednávku je možné konfigurovat i jiné rozsahy

Možnost sestavení vlastního modulu odporové sítě pro speciální účely

Doba vlastního převodu 10 s na kanál

Jediné napájecí napětí 12 V, jednotka obsahuje vlastní napájecí stabilizátor

Ve standardním provedení přesnost lepší než 1%, precizní provedení s trimovanými vstupními obvody zajišťuje přesnost lepší než 0,2%

Pracovní teplota -10..+55°C

8.2 Popis jednotky

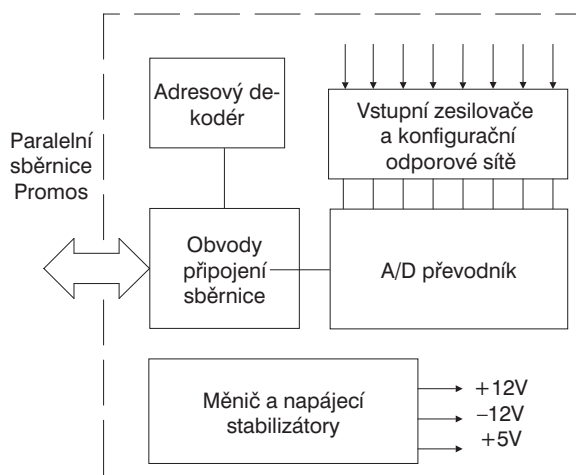
Blokové schéma je uvedeno na obrázku 8.1. Jednotka obsahuje vstupní analogové obvody, 12-ti bitový A/D převodník, obvody připojení ke sběrnici a napájecí měnič se stabilizátory, který z jediného napájecího napětí jednotky 12V vytváří stabilizovaná napětí 12V pro napájení analogových obvodů a 5V pro logickou část.

Všechny vstupy obsahují operační zesilovač s nízkým napěťovým driftem, malými vstupními proudy a dlouhodobou stálostí parametrů. Konkrétní zapojení vstupního zesilovače každého vstupu pro měření požadovaného typu hodnoty a rozsah je určeno vložením příslušné odporové sítě. Schéma vstupního obvodu bez osazené odporové sítě je na obr. 8.2.

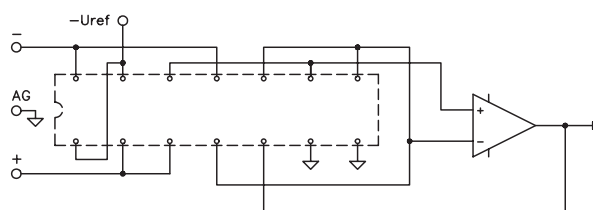
Konfigurační odporová síť je v patici DIL14. Na vývody patice jsou přivedeny oba vstupy i výstup operačního zesilovače, referenční napětí a vstupní svorky. Pro běžné rozsahy napětí, proudů a odporů jsou k dispozici hotové odporové sítě řady AIP. Zapojení vstupu s jednotlivými typy odporových sítí je popsáno v další kapitole. Pro nestandardní aplikace nebo zvláštní rozsahy je možné sestavit vlastní odporovou síť. Zesílení operačního zesilovače musí být voleno tak, aby výstupní napětí pro celý rozsah měření bylo 0÷5V pro unipolární rozsahy nebo ±2.5V pro bipolární rozsahy.

Nepoužité vstupy musí být ošetřeny spojením záporné zpětné vazby a uzemněním neinvertujícího vstupu operačního zesilovače (spojí se vývody 5-10 a 6-9 v patici pro konfigurační odporovou síť). Pokud vstupní obvod bez konfigurační sítě zůstane bez ošetření, je operační zesilovač v saturaci a jeho výstupní napětí může přes substrátové diody multiplexeru A/D převodníku způsobit chybu ostatních vstupů.

A/D převodník je typu MAX180 s osmikanálovým analogovým multiplexorem, vzorkovacím obvodem, převodníkem s postupnou aproximací a zdrojem referenčního napětí. Blokové schéma

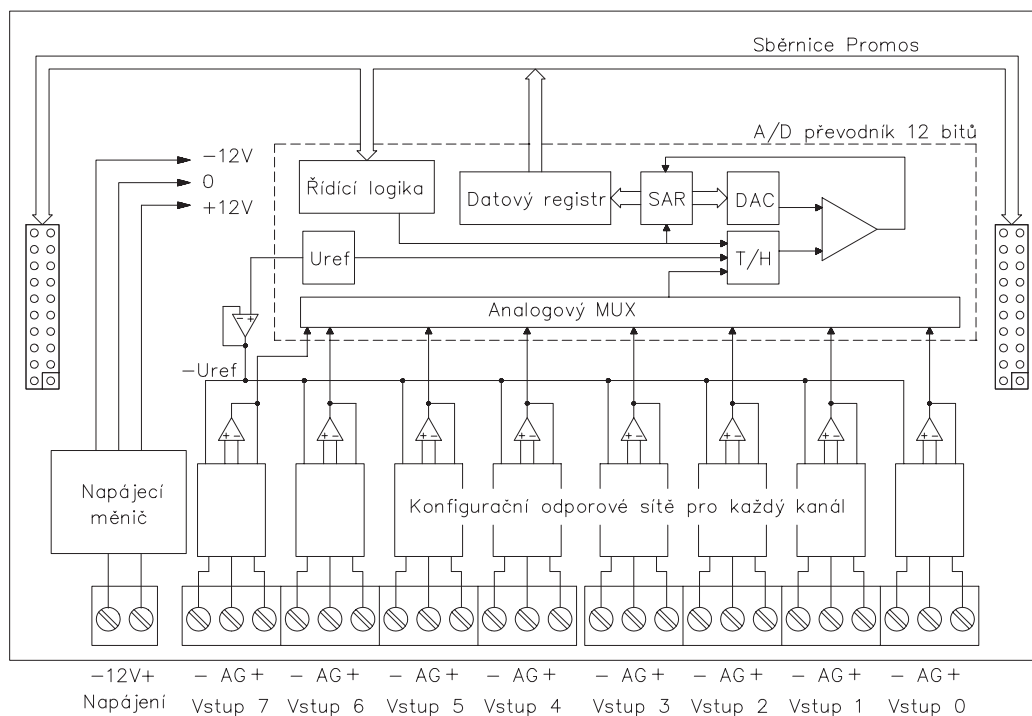


Obr. 8.1 Blokové schéma jednotky



Obr. 8.2 Schéma jednoho vstupního obvodu

převodníku je na obr 8.4. Každý kanál převodníku může být samostatně nastaven na bipolární nebo unipolární rozsah. Zpracovávané vstupní napětí je 0÷5V nebo ±2.5V nezávisle na zapojení vstupního operačního zesilovače. Přepínání rozsahu převodníku se provádí zápisem do řídicího registru a pokud je třeba, je možné měřit i v rozsahu -2.5÷5V, za cenu prodloužení doby měření (Provedou se měření na unipolárním i bipolárním rozsahu a podle přetečení nebo podtečení se stanoví správná hodnota.). Analogové napětí z multiplexoru je zachyceno ve vzorkovacím obvodu (po dobu převodu



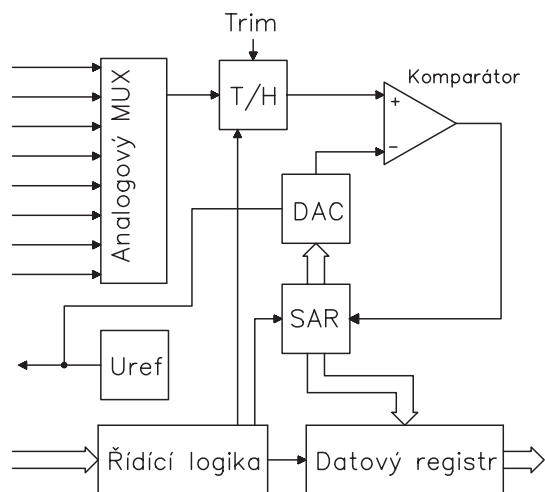
Obr. 8.3 Zapojení svorek jednotky PAI-01

se napětí nemění). Doba vzorkování může být programově měněna. Krátký vzorkovací interval umožňuje snímání rychleji se měnících signálů, delší vzorkovací interval je vhodnější pro přesnější zachycení pomalu se měnících signálů. Vlastní převod je prováděn metodou postupné aproximace. Binární číslo, odpovídající měřené analogové hodnotě, je po ukončení převodu uloženo do datového registru.

Referenční napětí, vyvedené z obvodu převodníku je odděleno a posíláno operačním zesilovačem a přivedeno na patice konfiguračních odporových sítí. Toto napětí se používá jako opěrné napětí pro měření odporů.

Zapojení připojovacích svorek je zřejmé z obrázku 8.3. Pro každý analogový vstup jsou vyvedeny tři svorky. Svorky označené „-“ a „+“ jsou obvykle (na napěťových a proudových rozsazích) invertující a neinvertující vstupy. Střední vývod, označený „AG“ je tzv. analogová zem signálu.

Všechny vstupy AG jsou galvanicky spojeny se společnou napájecí svorkou (GND) v jediném



Obr. 8.4 Blokové schéma převodníku MAX180

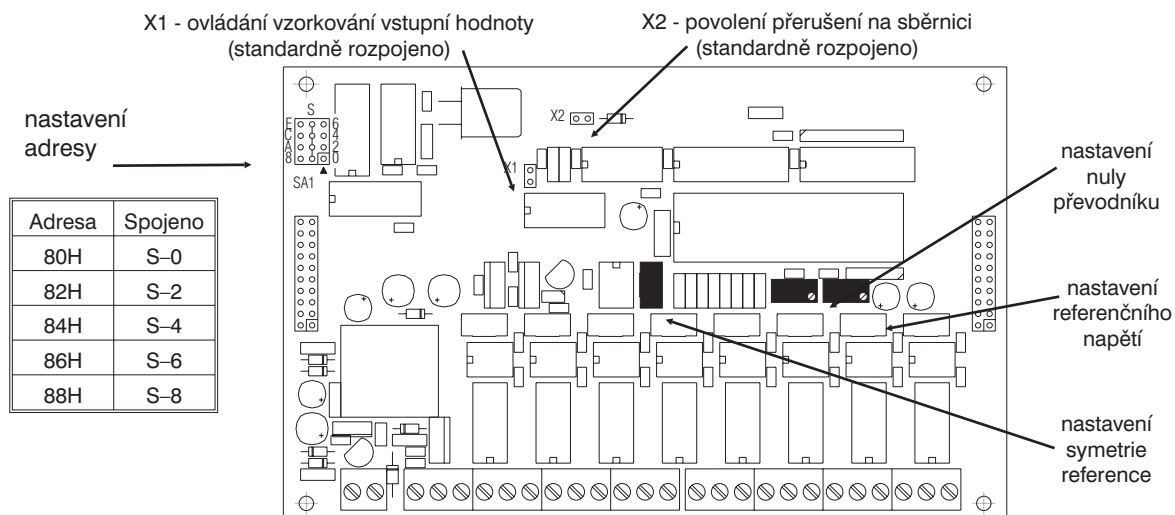
bodě a to přímo na vstupu A/D převodníku. Aby zemními vodiči neprotékaly rušivé smyčkové proudy, není vhodné vývody AG spojit se společným napájecím vodičem v jiném místě.

8.3 Adresování a připojení na sběrnici

Adresový dekodér umožňuje nastavit základní adresu jednotky na 8 možných kombinací (jednotka zabírá dvě adresy). Pro komunikaci s centrální jednotkou jsou přístupné dva registry. Na základní adrese je přístupný vnitřní registr obvodu MAX180, na adrese o 1 větší je stavový registr jednotky. Nastavení propojky výběru základní adresy je zřejmé z obrázku 8.5.

Konektor pro připojení ke sběrnici je na obou stranách desky. Na jeden konektor se připojuje sběrnice centrální jednotky (nebo předcházející periferní jednotky), na druhý konektor je možné připojit další periferní jednotky.

Propojka X1 ovládá způsob zachycení hodnoty ve vstupním obvodu sample-hold (viz popis programové obsluhy). Standardně je rozpojena. Propojka X2 je standardně rozpojena, spojením se



Obr. 8.5 Nastavení konfiguračních propojek

povoluje vydání přerušení na sběrnici při zápisu do registrů jednotky (např. kontrola přítomnosti jednotky na sběrnici).

Potenciometry nastavení analogové části umožňují korigovat společný nulový bod A/D převodníku a dostavit velikost a symetrii referenčního napětí. Potenciometry jsou nastaveny na optimální hodnoty ve výrobě.

8.4 Programová obsluha

8.4.1 Registry jednotky

Registry jednotky jsou přístupné funkcemi `outport()` a `inport()`. Na základní adrese (nastavena propojkou na desce) je přístupný zápisový a čtecí registr obvodu MAX 180. Na následující adrese (o 1 větší) je přístupný stavový registr (čtení i zápis).

Zápisový registr obvodu MAX180 má následující strukturu:

bit	7	6	6	4	3	2	1	0
MAX (WR)	0	0	0	0	BIP	A2	A1	A0

A0, A1, A2 (bity 0 - 2) Bity určují číslo vstupního kanálu dle tabulky:

A2	A1	A0	vstupní kanál	A2	A1	A0	vstupní kanál
0	0	0	0	1	0	0	4
0	0	1	1	1	0	1	5
0	1	0	2	1	1	0	6
0	1	1	3	1	1	1	7

BIP (bit 3) Přepíná bipolární (BIP=1) nebo unipolární (BIP=0) režim. V unipolárním režimu je výstupní hodnota v rozsahu 0÷4095 (na vstupu převodníku se měří pouze kladné napětí 0÷4095/4096·U_{ref}). V bipolárním rozsahu je výstupní hodnota v rozsahu -2048÷2047 (měří se napětí na vstupu převodníku -U_{ref}/2÷2047/4096·U_{ref}).

Čtecí registr obvodu MAX180 obsahuje naměřenou hodnotu. Při prvním čtení jsou zobrazeny bity D0-D7 naměřené hodnoty, při druhém čtení

jsou zobrazeny bity D8-D11, horní 4 bity slova jsou vždy nulové.

bit	7	6	6	4	3	2	1	0
MAX (RD)	D7	D6	D5	D4	D3/D11	D2/D10	D1/D9	D0/D8

Zápisový stavový registr jednotky má následující strukturu:

bit	7	6	6	4	3	2	1	0
STAT (WR)	x	x	x	x	1	0	MODE	RES

Bity MODE a RES ovládají činnost obvodu MAX180 dle následující tabulky:

MODE	RES	činnost
x	1	reset jednotky a A/D převodníku
0	0	automatické strobování sample-hold
1	0	programové strobování sample-hold

Reset uvede všechny sekvenční obvody jednotky do počátečního stavu. Nastavení MODE=0 zapíná automatické (interní) generování intervalu pro zachycení vzorkovaného vstupu (cca 1,8 s). Při nastavení MODE=1 je prodleva pro zachycení generována externě programovou cestou. Pokud je na jednotce spojena propojka X2, je pevně nastaven režim externího strobování, programování MODE zápisem do registru je nefunkční.

Čtecí stavový registr jednotky má významové pouze nejnižší tři bity

bit	7	6	6	4	3	2	1	0
STAT	x	x	x	x	x	HBEN	MODE	BUSY

BUSY (bit 0) informuje o činnosti MAX180. V době převodu je nastaveno $\overline{\text{BUSY}}=0$, po ukončení je $\overline{\text{BUSY}}=1$ a v registru MAX je možné přečíst nastavenou hodnotu.

MODE (bit 1) vrací nastavený režim strobování vzorkovacího obvodu (MODE=0 je interní, MODE=1 externí).

HBEN (bit 2) informuje, který byte měřené hodnoty se bude přenášet na sběrnici (HBEN=0 označuje LSB, HBEN=1 MSB).

8.4.2 Přímá programová obsluha

Spuštění převodu a vyčtení naměřené hodnoty se liší podle nastaveného režimu strobování vzorkovacího obvodu (propojkou X2 nebo bitem MODE).

Obsluha s interním strobováním

Tento způsob obsluhy používají standardní obslužné procedury. Délka strobovacího impulsu pro vzorkování měřené hodnoty je určena obvodem MAX180 a činí 3 hodinové takty převodníku, tj. cca 1,88 s při použitím kmitočtu 1,6 MHz.

Pro tento způsob obsluhy musí být propojka X2 na desce rozpojena.

Do zápisového registru obvodu MAX180 se zapíše číslo kanálu a požadovaný režim (BIP). Po zápisu obvod MAX180 automaticky zachytí hodnotu měřeného kanálu a spustí převod. Doba vzorkování a převodu trvá asi 10 s. Po dobu převodu není vhodné číst ani zapisovat registr obvodu MAX180.

Čtením stavového registru sledujeme bit $\overline{\text{BUSY}}$. Jakmile je $\overline{\text{BUSY}}=1$, je převod ukončen a je možné přikročit ke čtení naměřené hodnoty.

Dvojitým čtením registru obvodu MAX180 získáme naměřenou hodnotu. Prvním čtením dostáváme 8 dolních bitů naměřené hodnoty (LSB), druhým čtením dostaneme 4 horní bity naměřené hodnoty (MSB).

Fragment programu obsluhy převodníku může vypadat následujícím způsobem (předpokládáme základní adresu jednotky 88H):

```
#define ADDRPAI 0x88
outport(ADDRPAI,3); // chan 3, unip.
while(!IBIT(ADDRPAI+1,0)); // čekání
//na  $\overline{\text{BUSY}}=1$ 
x=inport(ADDRPAI); // dolní byte
x|=inport(ADDRPAI)<<8; // horní byte
```

Obsluha s externím strobováním

Tento způsob obsluhy se používá v případě, že je nutno vzorkovací dobu prodloužit. Délka strobovacího impulsu určena programově. Protože

ukončení vzorkovací doby se provádí zápisem do obvodu MAX, je vzhledem k přeslechům mezi číslicovou a analogovou částí vzorkovaná hodnota ovlivněna zapisovanými daty (tj. číslem kanálu). To způsobuje diferenci nuly mezi jednotlivými kanály v rozsahu cca 4 LSB.

Do zápisového registru obvodu MAX180 se zapíše číslo kanálu a požadovaný režim.

Po prodlevě na zachycení hodnoty ve vzorkovacím obvodu se zopakuje zápis registru obvodu MAX180. Tím je spuštěn vlastní převod.

Čtením stavového registru sledujeme bit $\overline{\text{BUSY}}$. Jakmile je $\overline{\text{BUSY}}=1$, je možné přikročit ke čtení naměřené hodnoty. Převod trvá od spuštění (tj. od druhého zápisu do registru) asi 8 s. Po dobu převodu není vhodné číst ani zapisovat registr obvodu MAX180.

Dvojitým čtením registru obvodu MAX180 získáme naměřenou hodnotu. Prvním čtením dostáváme 8 dolních bitů naměřené hodnoty (LSB), druhým čtením dostaneme 4 horní bity naměřené hodnoty (MSB).

Fragment programu obsluhy převodníku může vypadat následujícím způsobem (předpokládáme základní adresu jednotky 88H):

```
#define ADDRPAI 0x88
outport(ADDRPAI,3); // chan 3, unip.
for(i=0;i<40;i++); // prodleva
outport(ADDRPAI,3); // start převodu
while(!IBIT(ADDRPAI+1,0)); // čekání
//na  $\overline{\text{BUSY}}=1$ 
x=inport(ADDRPAI); // dolní byte
x|=inport(ADDRPAI)<<8; // horní byte
```

8.4.3 Programová obsluha s knihovními funkcemi

Pro snadnou obsluhu analogových vstupů je možné využít knihovních funkcí:

- int adin_u (char addr, char chan);
- int adin_b (char addr, char chan);

kde:

addr základní adresa jednotky
chan číslo kanálu

Funkce adin_u vrací naměřenou hodnotu v unipolárním módu v rozsahu 0÷4095 (0÷0x7FF). Funkce adin_b vrací naměřenou hodnotu v bipolárním módu v rozsahu -2048÷2047 (0xF800÷0x7FF). Pokud převodník není nalezen na zadané adrese (nenastavilo se $\overline{\text{BUSY}}=1$), funkce vrací hodnotu 0x8000. **Knihovni funkce používají interní režim strobování, propojka X2 tedy musí být rozpojena.**

8.5 Konfigurace vstupních obvodů a měření jednotlivých veličin

Referenční napětí převodníku je nastaveno na 5.0560V. V unipolárním módu převodník měří napětí od 0 do $U_{ref} \cdot 4095/4096 = 5.0548$ V. V bipolárním módu je rozsah měření od $-U_{ref}/2$ do $U_{ref} \cdot 2047/4096$, tj. od 2.5280 V do +2.5268 V. Rozlišovací schopnost měření je na obou rozsazích shodná a činí 1.2344 mV/bit (tuto hodnotu je možno vyjádřit jako celočíselný zlomek 79/64). Pro vztah vstupního napětí převodníku (tj. výstupního napětí vstupního zesilovače) a binární hodnoty M platí:

$$U = \frac{U_{ref}}{4096} \cdot M; \text{ a tedy } U = \frac{5056}{4096} \cdot M = \frac{79}{64} \cdot M \text{ [mV]}$$

Konkrétní převod vstupní měřené hodnoty na číselný údaj závisí na konfiguraci vstupu příslušným typem odporové sítě. Odporové sítě upravují vstupní zesilovač takovým způsobem, aby výstupní napětí operačního zesilovače (tj. vstupní napětí převodníku) pro plný rozsah vstupní veličiny bylo $0 \div 5$ V nebo -2.5 V \div 2.5 V.

8.5.1 Měření napětí

Při měření napětí je vstupní zesilovač zapojen jako diferenciální napěťový zesilovač. Invertující i neinvertující vstupy jsou vyvedeny na vstupní svorky, odpory v konfigurační síti určují zesílení a vstupní odpor obvodu. Pro měření je možné použít konfigurační odporové sítě typu AIPU nebo AIPV. Odpovídající zapojení vstupního obvodu pro oba typy odporových sítí je na obrázcích 8.6 a 8.7.

Zapojení v obou případech je obdobné. Vstup s odporovou sítí AIPV má navíc odporový dělič i v invertujícím vstupu, což umožňuje zvětšit posunutí vstupního signálu vzhledem ke společné analogové zemi za cenu mírného zvýšení offsetu (větší ze-

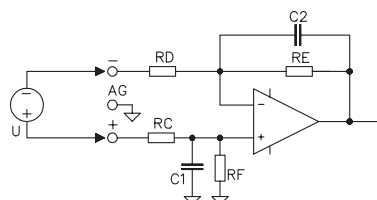
sílení operačního zesilovače). Kondenzátory C1 a C2 omezují kmitočtový rozsah vstupního zesilovače a slouží k omezení případných rušivých impulsů při měření pomalých signálů.

Při návrhu vlastní operační sítě musí být vyvážené oba vstupy operačního zesilovače. Pro zapojení dle obr. 8.6 musí být $R_C = R_D$ a $R_E = R_F$. Pro zapojení dle obr. 8.7 musí být $R_C = R_D$ a $R_C = R_E || R_G$ (paralelní kombinace). Výstupní napětí operačního zesilovače bude:

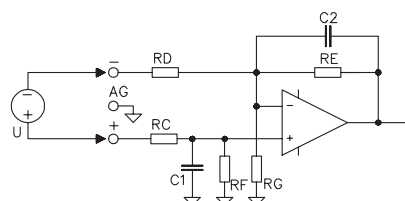
$$U_{vyst} = \frac{R_E}{R_D} (U_+ - U_-)$$

S použitím vztahu pro výstupní napětí zesilovače a binární hodnotu:

$$U_+ \pm U_- = \frac{79}{64} \cdot \frac{R_D}{R_E} \cdot M \text{ [mV]}$$



Obr. 8.6 Vstupní obvod s odporovou sítí AIPU



Obr. 8.7 Vstupní obvod s odporovou sítí AIPV

Typ odporové sítě	Vstupní napětí pro max. rozsah měření		Zesílení oper. zes.	Dovolené napětí vstupů proti AGND	Rozlišení na 1 bit	Vstupní odpor dif. [kΩ]	Vstupní odpor proti zemi [kΩ] inv./neinv
	unipolární (0÷4095)	bipolární (-2048÷2047)					
AIPU-0x	0 20.219 V	-10.112 V +10.107 V	0.25	40 V	4.938 mV	1440	720/900
AIPU-1x	0 10.110 V	-5.0560 V +5.0535 V	0.5	25 V	2.469 mV	720	360/540
AIPU-2x	0 5.0548 V	-2.5268 V +2.5280 V	1	15 V	1.234 mV	360	180/380
AIPU-3x	0 2.0219 V	-1.2634 V +1.2640 V	2	10 V	493.8 V	144	72/252
AIPU-4x	0 1.0110 V	-505.60 mV +505.35 mV	5	10 V	246.9 V	72	36/216
AIPU-5x	0 505.48 mV	-252.68 mV +252.80 mV	10	10 V	123.4 V	36	18/198
AIPU-6x	0 202.19 mV	-101.12 mV +101.07 mV	20	10 V	49.38 V	14.4	7.2/187
AIPU-7x	0 101.10 mV	-50.560 mV +50.535 mV	50	10 V	24.69 V	7.2	3.6/184
AIPU-8x	0 50.548 mV	-25.268 mV +25.280 mV	100	10 V	12.34 V	3.6	1.8/182

Tab. 8.1 Vstupní odporové sítě AIPU

Typ odporové sítě	Vstupní napětí pro max. rozsah měření		Zesílení oper. zes.	Dovolené napětí vstupů proti AGND	Rozlišení na 1 bit	Vstupní odpor dif. [kΩ]	Vstupní odpor proti zemi [kΩ] inv./neinv.
	unipolární (0÷4095)	bipolární (-2048÷2047)					
AIPV-0x	0 20.219 V	-10.112 V +10.107 V	9.18	300V	4.938 mV	1440	720/739
AIPV-1x	0 10.110 V	-5.0560 V +5.0535 V	9.18	200V	2.469 mV	360	360/379
AIPV-2x	0 5.0548 V	-2.5268 V +2.5280 V	9.18	100V	1.234 mV	180	180/199

Tab. 8.2 Odporové sítě AIPV

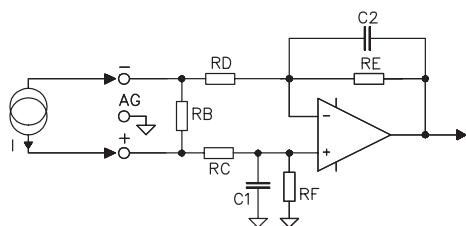
Pro plné využití měřicího rozsahu se zesílení volí tak, aby při plném rozsahu (tj. při maximálním vstupním napětí) bylo výstupní napětí přibližně 5V.

Přesné hodnoty napětí pro hranice rozsahu a rozlišovací schopnost na 1 bit se standardními odporovými sítěmi AIPU a AIPV jsou uvedeny v tabulkách 8.1 a 8.2.

8.5.2 Měření proudů

Měření proudu se provádí nepřímo měřením napěťového úbytku na snímacím odporu. Snímací odpor (standardně 250 Ω) je zapojen mezi vstupními svorkami '+' a '-'. Operační zesilovač pracuje jako diferenciální napěťový zesilovač. Odpory v konfigurační síti AIPI určují zesílení a snímací odpor. Standardní odporové sítě AIPI umožňují měření proudu do 20 mA. Pro měření větších proudů je nutno použít externí snímací odpor. Odpovídající zapojení vstupního obvodu je na obrázku 8.8. Kondenzátory C1 a C2 omezují kmitočtové pásmo vstupního obvodu a slouží k potlačení případných rušivých impulsů při měření pomalu se měnících signálů.

Při návrhu vlastní operační sítě musí být vyvážené oba vstupy operačního zesilovače, tj. $R_C = R_D$ a $R_E = R_F$. Zesílení operačního zesilova-



Obr. 8.8 Měření proudu s odporovou sítí AIPI

če je dáno poměrem $R_E : R_F$. Výstupní napětí operačního zesilovače bude:

$$U_V = \frac{R_E}{R_D} (U_+ \pm U_-) = \frac{R_E}{R_D} \cdot R_B \cdot I$$

S využitím vztahu mezi výstupním napětím U_V operačního zesilovače a binární hodnoty M platí:

$$I = \frac{79}{64} \cdot \frac{R_D}{R_B \cdot R_E} \cdot M \quad [\text{mA}]$$

Pro plné využití měřicího rozsahu se zesílení volí tak, aby na plném rozsahu (tj. při maximálním měřeném proudu) bylo výstupní napětí přibližně rovno 5V.

Přesné hodnoty napětí pro hranice rozsahu a rozlišovací schopnost na 1 bit se standardními odporovými sítěmi AIPI jsou uvedeny v tabulce 8.3.

8.5.3 Měření odporů

Měření odporu přímou metodou se provádí s pomocí invertujícího zesilovače. V konfigurační síti je pouze odpor R_A který určuje rozsah měření. Odpovídající zapojení vstupního obvodu je na obrázku 8.9. Kondenzátor C1 slouží k omezení kmitočtového pásma vstupního obvodu a používá se k omezení případných rušivých impulsů. Výstupní napětí zesilovače je přímo úměrné velikosti odporu R_x :

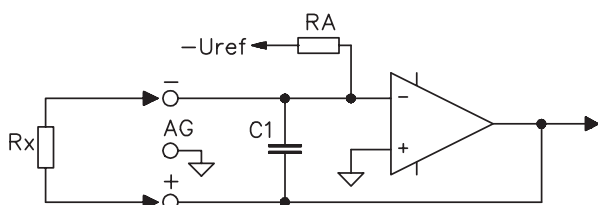
$$U_V = \frac{U_{ref}}{R_A} \cdot R_x$$

Při využití vztahu mezi výstupním napětím operačního zesilovače a binární hodnotou M platí:

$$R_x = \frac{R_A}{4096} \cdot M$$

Typ	Vstupní napětí pro maximální rozsah měření		Zesílení operačního zesilovače	Rozlišení na 1 bit	Dovolené napětí vstupů proti AGND	Snímací odpor [Ω]
	unipolární (0÷4095)	bipolární (-2048÷2047)				
AIPI-0x	—	-20.224mA +20.214mA	1	9.875 A	15 V	125
AIPI-1x	0 20.219	-10.112mA +10.107mA	2	4.938 A	15 V	125
AIPI-2x	0 10.110	-5.0560mA +5.0535mA	2	2.469 A	10 V	250
AIPI-3x	0 5.0548	-2.5280mA +2.5268mA	4	1.234 A	10 V	250

Tab. 8.3 Odporové sítě AIPI



Obr. 8.9 Měření odporu se sítí AIPR

Při návrhu vlastní operační sítě pro měření odporů nad 100 kΩ je možné uzemnit neinvertující vstup přes odpor o velikosti cca $RA/2$. Zesílení operačního zesilovače je však maximálně 1 (při $R_x = R_A$), takže vliv vstupních proudů a offsetu zesilovače je možné zanedbat. Minimální rozsah (tedy velikost R_A) je omezena zatížením zdroje referenčního napětí. Zdroj referenčního napětí je společný pro všech 8 vstupů jednotky a zaručuje výstupní proud max. 20 mA. Odporové sítě jsou obvykle navrženy tak, aby odběr proudu ze zdroje referenčního napětí jednoho vstupního kanálu nepřesahoval 2 mA.

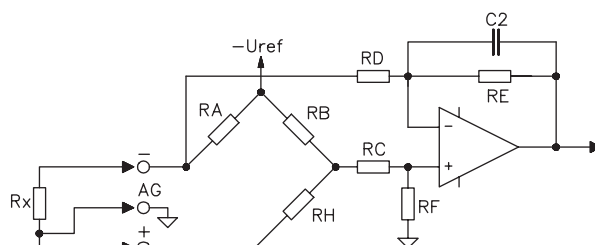
Přesné hodnoty napětí pro hranice rozsahu a rozlišovací schopnost na 1 bit se standardními odporovými sítěmi AIPR jsou uvedeny v tab. 8.5.

Typ	Hodnota RA	Rozsah měření (0÷4095)	Rozlišovací schopnost	Měřicí proud
AIPR-0x	5.11 kΩ	0÷5.1088 kΩ	1.23	1mA
AIPR-1x	10.2 kΩ	0÷10.198 kΩ	2.47	500 A
AIPR-2x	26.1 kΩ	0÷26.094 kΩ	6.17	200 A
AIPR-3x	51.1 kΩ	0÷51.088 kΩ	12.3	100 A
AIPR-4x	102 kΩ	0÷101.98 kΩ	24.7	50 A

Tab. 8.5 Odporové sítě AIPR

8.5.4 Měření odporů pasivním můstkem

Pro měření neelektrických veličin (teplota, tlak ap.) se používají nízkohmové odporové snímače. Při změně měřené veličiny dochází obvykle k nevelké změně odporu a proto je výhodné využít můstkové zapojení. Standardní zapojení s odporovou sítí typu AIPB je na obr. 8.10. Snímač (např.



Obr. 8.10 Měření pasivním můstkem se sítí AIPB

odporový teploměr Pt 100) je do můstku zapojen třídátovým zapojením, které umožňuje do jisté míry kompenzovat odpor přívodních vodičů snímače. Odporů v horních větvích můstku určují měřící proud (u běžných odporových teploměrů Pt 100 obvykle 0.8÷1 mA). Rozdílové napětí můstku se zesiluje vyváženým diferencním zesilovačem. Výběrem R_H a zesílením diferenciálního zesilovače je stanoven počátek a rozsah měření odporu. Výstupní napětí operačního zesilovače se zvětšuje se zvětšováním odporu R_x , změna však není přesně lineární, neboť při zvětšování odporu R_x dochází ke zmenšení proudu větví můstku. Nelinearita závislosti výstupního napětí na změně odporu R_x závisí na poměru R_A/R_x a poměrné změně R_x pro celý rozsah měření. Pro vyvážení obou vstupů operačního zesilovače musí být

typ odporové sítě	Typ teploměru	Odporový rozsah		Teplotní rozsah		Koeficienty pro $R_x = \frac{A + B \cdot M}{C \pm M}$		
		$R_{x0} [\Omega]$	$R_{x4095} [\Omega]$	$T_0 [^\circ\text{C}]$	$T_{4095} [^\circ\text{C}]$	A	B	C
AIPB-00	Pt100	82	160.52	-45.75	158.61	19394956	4375	236524
AIPB-01	Pt100	82	200.84	-45.75	268.75	12929634	4375	157678
AIPB-02	Pt100	100	159.21	0	155.09	29300093	4078	293001
AIPB-03	Pt100	100	198.341	0	264.47	18861639	4375	188616
AIPB-04	Pt100	100	248.795	0	408.63	13563435	4719	135634
AIPB-05	Ni1000	750	1505.59	-60.46	100.99	46766889	10000	62356
AIPB-06	Ni1000	1000	1786.56	0	148.00	61363296	10000	61363
AIPB-07	Ni1000	1000	2696.53	0	271.69	30646331	10000	30646
AIPB-08	Ni1000	750	1279.79	-60.46	58.89	68800576	10558	91734
AIPB-09	Ni1000	750	2173.75	-60.46	205.10	35030824	14066	46708
AIPB-10	Pt100	82	140.77	-45.75	105.99	24102466	4078	293933
AIPB-11	Pt100	16	121,74	-208,49	56,11	2841236	4464	177577
AIPB-12	Pt100	56	121,74	-110,77	108,10	12342211	4464	220397
AIPB-13	Pt100	62	120,28	-95,87	52,29	18288423	4078	294975
AIPB-14	Pt1000	1000	1596,96	0,00	156,38	85268814	10833	85269
AIPB-15	Pt1000	750	1575,14	-63,37	150,53	51703118	12316	68937

Tab. 8.4 Odporové sítě AIPB

$R_C = R_D$ a $R_E = R_F$. Zesílení operačního zesilovače potom bude $K = R_E / R_D$.

Pro vyvážení můstku předpokládáme $R_B = R_A = R$. Odpor R určuje proud ve větvích můstku (a tedy také proud, procházející snímačem) a volí se s ohledem na ztrátový výkon na snímači. U odporových teploměrů velký proud způsobuje vyhřívání snímače a snížení přesnosti měření. Také je nutno brát ohled na zatížení zdroje referenčního napětí. Zvětšováním odporu R se zvětšuje linearita, ale pro zachování stejné citlivosti je nutno volit větší zesílení operačního zesilovače, což z druhé strany způsobuje zvětšení offsetu nuly. Odpor R_H určuje dolní hranici rozsahu pro unipolární výstupní napětí (při $R_H = R_x$ je $U_V = 0$).

Pro vztah výstupního napětí zesilovače a měřeného odporu potom platí:

$$U_V = \left(\frac{R_x}{R + R_x} \pm \frac{R_H}{R + R_H} \right) \cdot K \cdot U_{ref}$$

$$R_x = \frac{K \cdot U_{ref} \cdot R_H + (R_H + R) \cdot U_V}{K \cdot U_{ref} - \left(1 + \frac{R_H}{R} \right) \cdot U_V}$$

Pro převod analogového výstupního napětí operačního zesilovače U_V na binární číslo M v unipolárním rozsahu platí:

$$U_V = \frac{U_{ref}}{4096} \cdot M$$

Měřený odpor můžeme tedy obecně vyjádřit jako: $R_x = \frac{A + M \cdot B}{C - M}$;

kde: $A = \frac{R_H \cdot R \cdot K \cdot 4096}{R + R_H}$;

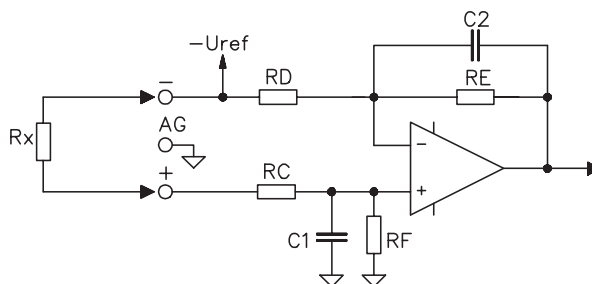
$B = R$; $C = \frac{K \cdot R \cdot 4096}{R + R_H}$;

Ve skutečnosti zanedbání odporů ve vstupních větvích operačního zesilovače může způsobit chybu až 1% měřeného rozsahu. Výpočet koeficientů s ohledem na vstupní proudy je podstatně složitější. Přesné hodnoty koeficientů pro standardní odporové sítě AIPB pro odporové teploměry Pt100 ($t_0 = 100\Omega$, $t_{100} = 138.5\Omega$) a Ni1000 ($N1$, $t_0 = 1000\Omega$, $t_{100} = 1500\Omega$) uvádí tabulka 8.4. Při menších nárocích na přesnost měření je možný celý výpočet odporu a převod na teplotu nahradit lineární aproximací s využitím krajních teplot rozsahu. Chyba při tomto způsobu zpracování závisí na typu čidla a rozsahu měření, pohybuje se okolo 1%.

8.5.5 Měření odporů aktivním můstkem

Pokud se odpor snímače mění ve velkém rozsahu nebo není nutné třídrátové připojení snímače je možné použít zapojení s aktivním můstkem. Obvykle se používá pro snímání odporových vysílačů polohy. Výhodou této metody v porovnání s pasivním můstkem je větší linearita závislosti výstupního

napětí zesilovače na měřeném odporu R_x . Zapojení je uvedeno na obrázku 8.11. Do série s mě-



Obr. 8.11 Měření aktivním můstkem se sítí AIPA

řeným odporem R_x je zapojen odpor R_C , jehož hodnota určuje spodní hranici měření. Rozsah měření je určen velikostí odporu R_D . Vlastní zesílení operačního zesilovače nemá velký vliv na rozsah měření. Zvětšováním zesílení se zlepšuje linearita převodu, ale více se uplatňují vstupní proudy a napěťový drift operačního zesilovače.

Pro odporové vysílače se obvykle volí $R_C = R_D$. Výstupní napětí zesilovače je nulové při $R_x = 0$ a se zvětšováním odporu roste. Pro vyvážení zesilovače se volí $R_E = R_F = R$. Pro závislost výstupního napětí a odporu R_x platí:

$$U_V = \frac{R_E}{R_D} \cdot \frac{R_D - R_x - R_C}{R_E + R_x \cdot R_C} \cdot U_{ref}$$

$$R_x = \frac{\frac{R_E}{R_D} \cdot U_{ref} \cdot (R_D - R_C) + (R_E + R_C) \cdot U_V}{\frac{R_E}{R_D} \cdot U_{ref} - U_V}$$

Pro převod analogového výstupního napětí operačního zesilovače U_V na binární číslo M v unipolárním rozsahu platí

$$U_V = \frac{U_{ref}}{4096} \cdot M$$

Měřený odpor můžeme tedy obecně vyjádřit jako:

$$R_x = \frac{A + M \cdot B}{C - M}$$

kde: $A = 4096 \cdot \frac{R_E}{R_D} \cdot (R_D - R_C)$;

$B = R_E + R_C$; $C = 4096 \cdot \frac{R_E}{R_D}$

typ odporové sítě	Odporový rozsah		Koeficienty pro $R_x = \frac{A + B \cdot M}{C \pm M}$		
	Rx ₀ [Ω]	Rx ₄₀₉₅ [Ω]	A	B	C
AIPA-00	0	105.758	0	5702	224878
AIPA-01	0	134.155	0	8330	258263
APIA-02	0	609.51	0	36590	249925

Tab. 8.6 Odporové sítě AIPA

Pro standardní odporové síť typu AIPA pro běžné odporové vysílače 105, 130 a 600Ω jsou koeficienty uvedeny v tabulce 8.6.

Při menších nárocích na přesnost je možné nahradit vztah pro výpočet odporu lineární závislostí, chyba bude menší než 0.4%.

8.6 Chyby měřicího řetězce

Pro posouzení celkové přesnosti převodu je nutno brát ohled na parametry jednotlivých členů měřicího řetězce.

Nepřesnosti odporů konfigurační odporové sítě

Pro jednotlivé odpory konfiguračních odporových sítí jsou použity odpory DRALORIC SMA0207 s tolerancí 0.1%. V místech, kde je důležitý poměr nebo shoda odporů jsou jednotlivé odpory vybírány tak, aby s uvedenou tolerancí byla dodržena i shoda nebo poměr. Teplotní závislost odporů je max 25 ppm/°C.

Chyby operačního zesilovače

Použité vstupní operační zesilovače OP07 mají následující parametry:

	typ.	max.
Napěťový drift při 25°C	60 V	150 V
Teplotní závislost driftu	0.5 V/°C	1.8 V/°C
Napěťový drift tepl. rozsahu 0..70°C	85 V	250 V
Vstupní proud při 25°C	1.8nA	7nA
Tepl. závislost vst. proudu.	18 pA/°C	50 pA/°C
Vst. proud v tepl. rozsahu 0..70°C	2.2 nA	7 nA
Vstupní proudová nesymetrie	0.8 nA	6 nA
Koef. potlačení souhl. signálu.	120 dB	

Vliv uvedených veličin na přesnost měření závisí na konkrétním zapojení vstupního obvodu, především na zesílení a velikosti odporů zapojených do vstupů zesilovače. Při zesílení okolo 1 s odpory do 100kΩ je vliv napěťového driftu a vstupních proudů zcela zanedbatelný. Při zesílení 50 může u nevynulovaného zesilovače (standardní provedení jednotky) dosahovat chyba nuly až 0.3% rozsahu.

U jednotek v precizním provedení je nastavena nula jednotlivých operačních zesilovačů, takže chybu způsobuje pouze teplotní závislost driftu a vstupního proudu zesilovače. Nastavení nuly je vždy nutno provést s konkrétním typem konfigurační odporové sítě.

Chyby A/D převodníku

	typ.	max.
Integrální nelinearita		1 LSB
Offsetová chyba v unipol. módu	1 LSB	4 LSB
Offsetová chyba v bipolár. módu	1 LSB	6 LSB
Chyba rozsahu v unipol. módu.	2 LSB	10 LSB
Chyba rozsahu v bipolár. módu.	2 LSB	15 LSB
Teplotní závislost rozsahu	5 ppm/°C	
Vzájemné ovlivňování kanálů.	1/4 LSB	

Nastavení nuly převodníku u standardních jednotek je provedeno tak, aby součet driftů nuly všech kanálů v bipolárním režimu byl přibližně nulový. U jednotek v precizním provedení se nastavením nuly operačního zesilovače kompenzuje offset kanálu převodníku, takže všechny kanály mají offset přibližně nulový.

Chyba referenčního napětí

Zdroj referenčního napětí je součástí obvodu převodníku. Referenční napětí je nastaveno na hodnotu 5.056V s přesností 0.02%. Vliv vnějšího zesilovače referenčního napětí je vzhledem k zesílení 1 a minimálním impedancím ve vstupních obvodech zcela zanedbatelný. Teplotní součinitel referenčního napětí je 45 ppm/°C.

Vliv referenčního napětí se uplatňuje pouze u měření napětí nebo proudu. U měření odporu je použitím stejného napětí k napájení měřicího obvodu (můstku) i jako zdroj opěrného napětí pro aproximační převodník tento vliv kompenzován.

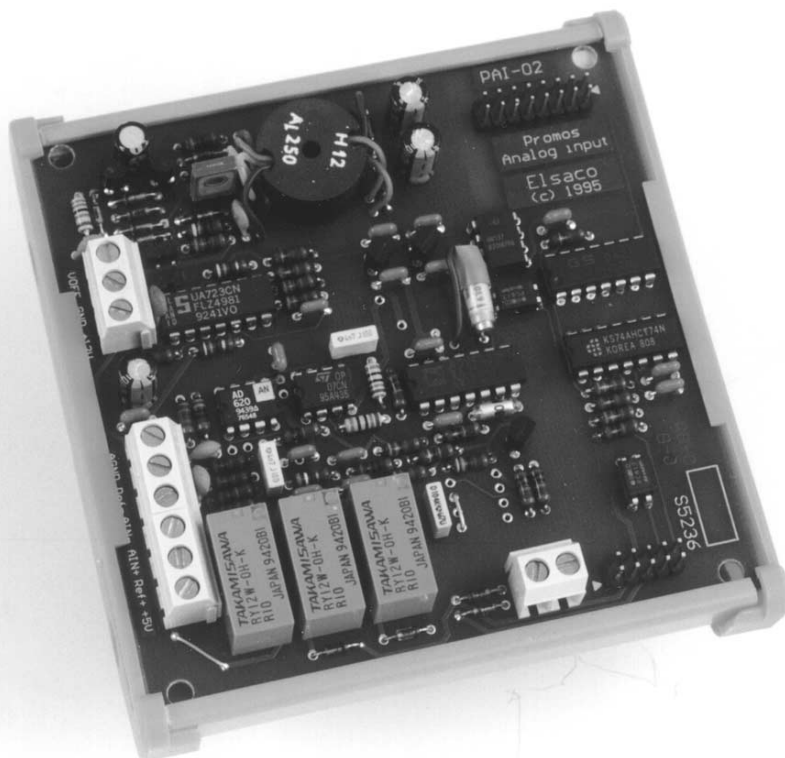
8.7 Technické údaje

Objednací číslo	5225.0x	5225.1x
Provedení	Standardní	Precizní
Počet analogových vstupů / rozlišení	8 diferenciálních / 12 bitů	
Rozsahy měření napětí - unipolární [V] - bipolární [V]	20, 10, 5, 2, 1, 0.5, 0.2, 0.1, 0.05 10, 5, 2.5, 1, 0.25, 0.1, 0.05, 0.025	
Rozsahy měření proudu - unipolární [mA] - bipolární [mA]	20, 10, 5, 2 20, 10, 5, 2.5, 1	
Rozsahy pro přímé měření odporu [kΩ]	5, 10, 25, 50, 100	
Rozsahy pro měření odporu můstkem	Pt100, odporové vysílače	
Offset nuly vstupního zesilovače (v celém teplotním rozsahu)	typ. 80 V max. 350 V	typ. 18 V max. 60 V
Možnost dostavení offsetu každého kanálu	ne	ano
Offset nuly A/D převodníku	1 LSB	
Přesnost zesílení a převodu	0.2% z měřené hodnoty	
Teplotní koeficient zesílení a převodu	50 ppm	
Napájecí napětí/odběr z napájecího zdroje	12V 10% / 250mA	

|

PAI-02

přesný A/D převodník pro SBPS-01



**přesný převodník napětí / kmitočet
s vysokým rozlišením**

EI5236.0x - kmitočtový rozsah 200kHz

EI5236.1x - kmitočtový rozsah 500kHz

9.1 Úvod

PAI-02 je speciální periferní jednotka pro velmi přesná měření malých napěťových signálů. Je určena pro přímé připojení k portům centrální jednotky SBPS-01.

Základní charakteristiky:

vstupní analogový obvod je galvanicky oddělen od číslicové části a napájecího napětí
přesný zesilovač s malým teplotním driftem a převodník na frekvenci s vysokou linearitou
možnost přepínání vstupního obvodu na měření výstupního napájecího napětí, vestavě-

ného kalibrátoru, offsetu nuly a vstupního signálu umožňuje programovou kalibraci měřících obvodů v širokém rozsahu pracovních teplot

vestavěný stabilizátor výstupního napětí 5V (např. pro napájení tenzometrických můstků)
vestavěný měnič, zajišťující galvanické oddělení všech potřebných napájecích napětí
dlouhodobá stabilita parametrů
Pracovní teplota okolí -10..+50°C

9.2 Popis jednotky

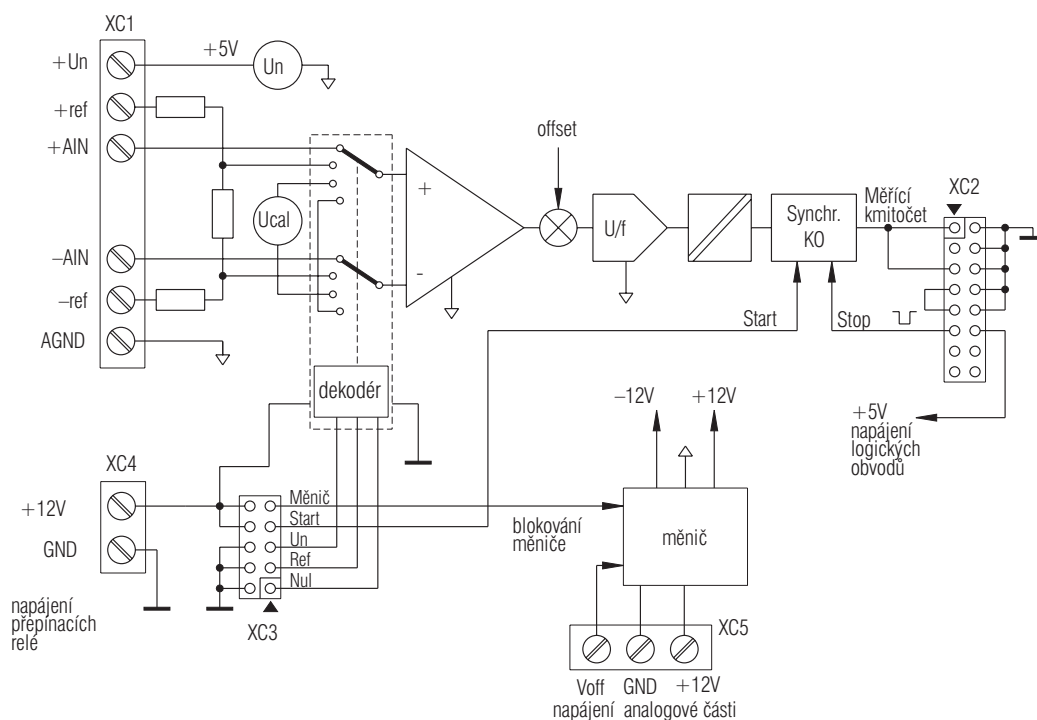
Funkční blokové schéma jednotky PAI-02 je uvedeno na obrázku 9.1. Vstupní měřený napěťový signál se připojuje ke svorkám AIN+ a AIN-. Signál se zesiluje přístrojovým zesilovačem na úroveň cca 2.5V a převodníkem U/f se mění na kmitočet. Přidání offsetového napětí do vstupu převodníku U/f zajišťuje, že nulovému vstupnímu napětí odpovídá výstupní kmitočet cca 38kHz. Měřící kmitočet je galvanicky oddělen a veden do synchronizačního obvodu, který umožňuje hradlování výstupního kmitočtového signálu vnějšími impulsy při měření výstupního kmitočtu čítačem.

Na svorkovnici XC1 je také vyveden výstup stabilizovaného napětí 5V pro napájení tenzometrických můstků (+Un a AGND) a zpětný vstup měření tohoto napětí (+ref a -ref).

Vstup zesilovače je možné s pomocí vestavěných signálových relé přepínat do 4 poloh:

- měření vstupního signálu
- měření napětí U_n (používá se na kompenzaci vlivu teplotní změny napětí U_n při měření tenzometrických můstků)
- měření vnitřního kalibrátoru (používá se na kontrolu měřícího traktu)
- měření nulového bodu (používá se na kompenzaci teplotního driftu vstupního zesilovače)

Ovládací signály jsou vyvedeny na konektoru XC3. Konektor je určen pro připojení k výstupnímu portu PB s otevřenými kolektory centrální jednotky SBPS-01 (konektor XC12). Signály 'Nul', 'Ref' a 'Un' zajišťují přepínání relé vstupního zesilovače, signál 'Měnič' umožňuje vypínat měnič (např. pro



Obr. 9.1 Blokové schéma jednotky PAI-02

snížení spotřeby při napájení z akumulátoru), signál 'Start' nahazuje synchronizační klopný obvod a povoluje výstup kmitočtového signálu. Všechny ovládací signály jsou určeny pro spínání otevřeným kolektorem na společnou zem (špičky 2, 4 a 6 konektoru XC3 nebo svorka 0 svorkovnice XC4). Následující tabulka určuje stavy vstupních signálů (OFF označuje otevřený kolektor ve stavu rozpojeno, ON ve stavu spojeno):

ovládací signál XC3			měří se signál:
Un	Ref	Nul	
OFF	OFF	OFF	vstupní svorky AIN+ / AIN-
OFF	OFF	ON	zkratovaný vstup
OFF	ON	OFF	vnitřní kalibrátor
ON	OFF	OFF	vnější napětí +ref / -ref

Start	stav synchronizačního klopného obvodu
OFF	beze změn
OFF->ON	povolení výstupu kmitočtu (start měření)
ON	beze změn

Měnič	stav napájecího měniče
OFF	blokován, je-li spojena propojka X1
OFF	v činnosti, je-li rozpojena propojka X1
ON	v činnosti

Přepínací relé jsou napájena z napětí 12V z konektoru XC4. Přepínací obvody jsou galvanicky odděleny od analogové části, což při velmi vysokých nárocích na přesnost umožňuje používat oddělený napájecí zdroj. Pro běžné použití je možné spojit odpovídající napájecí svorky XC4 a XC6 a obvody napájet ze společného zdroje.

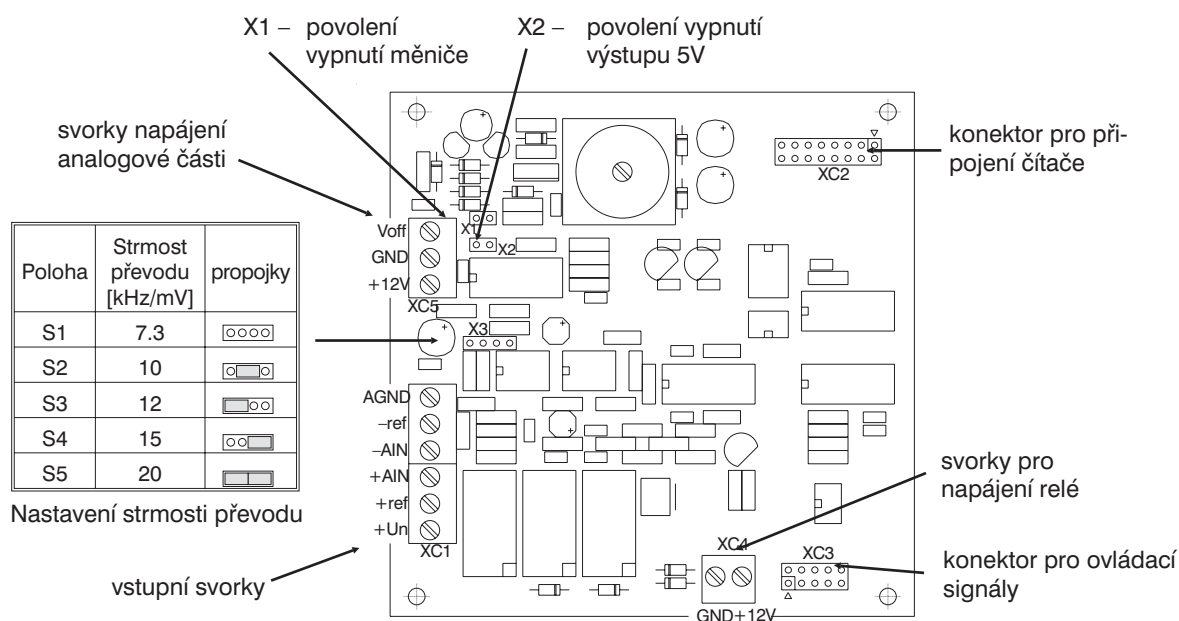
Napájecí měnič je možné zapínat programově z centrální jednotky sepnutím signálu 'Měnič' na konektoru XC3 nebo zkratováním svorky Voff svor-

kovnice XC5. Oba signály jsou sečteny, tj. měnič běží při sepnutí kteréhokoliv signálu. Vypínání měniče je možné pouze při spojení propojky X1. Pokud je propojka rozpojena, měnič běží stále. Stejným způsobem je možné vypínat stabilizátor výstupního napětí Un (+5V), vypínání stabilizátoru je povoleno obdobně spojením propojky X2. Zdroj s napájecím měničem poskytuje oddělené symetrické stabilizované napájecí napětí 12V pro napájení analogových obvodů.

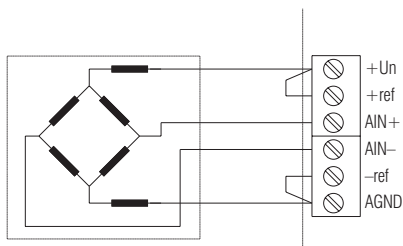
Propojky X3 určují strmost převodu U/f. Hodnoty strmosti uvedené v tabulce jsou přibližné (cca 5%). Optimální nastavení strmosti je takové, aby na plný rozsah měření byl výstupní kmitočet co největší, ale nepřesahoval 200kHz. Při překročení výstupního kmitočtu přes 200kHz se zhoršuje line - arita převodu.

Konektor pro připojení vyhodnocovacího čítače XC2 je určen pro přímé připojení obvodu CTC centrální jednotky SBPS-01 (konektor XC10). Na konektor je vyveden vlastní měřicí kmitočet a vstup signálu ukončení měřicího intervalu (Stop). Spojky na konektoru zajišťují potřebné kaskádování čítačů pro generování periody čítání. Ze špičky 10 konektoru (5V z centrální jednotky SBPS-01) jsou napájeny výstupní logické obvody.

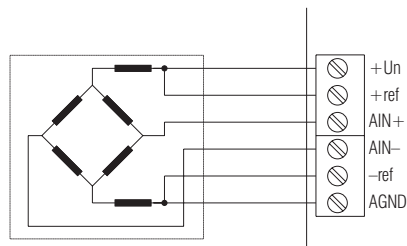
Tenzometrický můstek se ke vstupní svorkovnici připojuje čtyřvodičově nebo šestvodičově. Při čtyřvodičovém připojení (obr. 9.3) jsou spojeny svorky +Un s +ref a AGND s -ref. Při šestvodičovém připojení (obr. 9.4) jsou vodiče pro kontrolní měření napájecího napětí připojeny k vlastnímu čidlu, což umožňuje korigovat úbytek napájecího napětí na ohmickém odporu přírodních vodičů.



Obr. 9.2 Rozmístění svorek a konfiguračních propojek



Obr. 9.3 Čtyřvodičové připojení měřícího můstku



Obr. 9.4 Šestivodičové připojení měřícího můstku

9.3 Použití s centrální jednotkou SBPS-01

Připojení modulu PAI-02 k centrální jednotce je uvedeno na obrázku 9.5. Jednotky jsou propojeny dvěma plochými kabely s ovládacími signály a signály pro měření kmitočtu. Propojení kabelů uvádí následující tabulky.

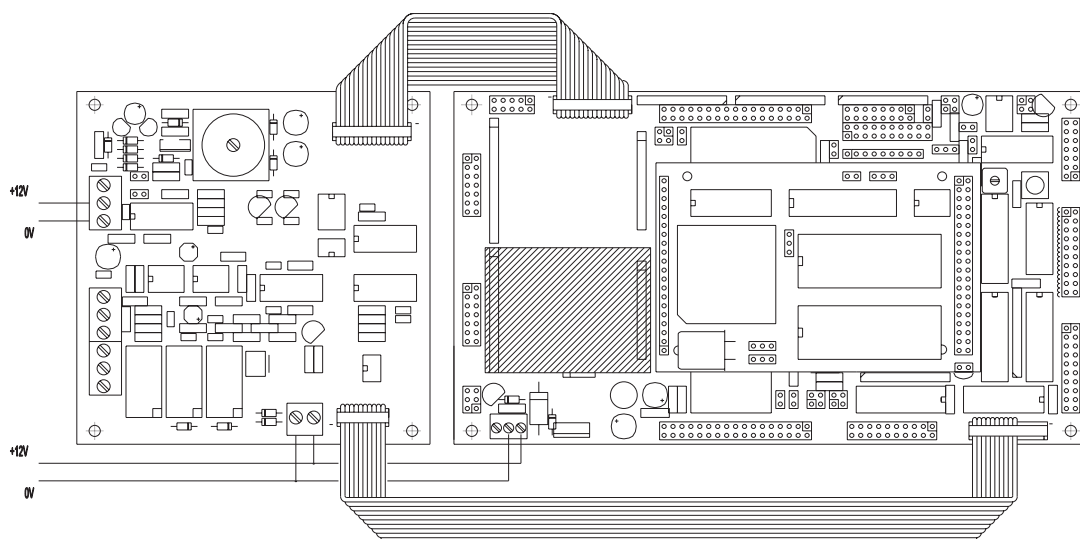
Ovládací signály			
SBPS-01, konektor XC12		PAI-02, konektor XC3	
signál	pin	pin	signál
PB bit 4	7	1	Nul
GND	8	2	GND
PB bit 3	9	3	Ref
GND	10	4	GND
PB bit 2	11	5	Un
GND	12	6	GND
PB bit 1	13	7	Start
CLAMP	14	8	napájení 12V
PB bit 0	15	9	Měnič
CLAMP	16	10	napájení 12V

Ovládací signály jsou generovány z portu PB výstupy s otevřenými kolektory. Kabel je 10-žilový a do konektoru portu PB je zaříznut s posunutím o 6 vodičů. Bity 5+7 portu PB nejsou použity.

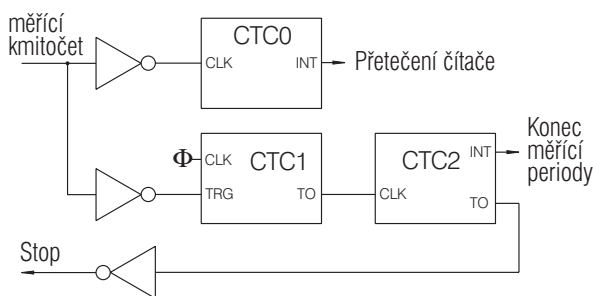
Signály pro měření kmitočtu			
SBPS-01, konektor XC10		PAI-02, konektor XC2	
signál	pin	pin	signál
CTC0 CLK/TRG	1	1	měřící kmitočet
GND	2	2	GND
CTC0 Timer Out	3	3	
GND	4	4	GND
CTC1 CLK/TRG	5	5	měřící kmitočet
GND	6	6	GND
CTC1 Timer Out	7	7	spojen s pinem 9
GND	8	8	GND
CTC2 CLK/TRG	9	9	spojen s pinem 7
GND	10	10	GND
CTC2 Timer Out	11	11	Stop
+5V	12	12	napájení logiky
RDY A	13	13	
/STB A	14	14	
RDY B	15	15	
/STB B	16	16	

Spojovací kabel je 16-žilový. Na straně PAI-02 jsou spojeny špičky 7 a 9, což zajišťuje spojení čítačů CTC1 a CTC2 do kaskády.

Na centrální jednotce SBPS-01 je čítač CTC0 použit pro čítání měřeného kmitočtu a spojené čí-



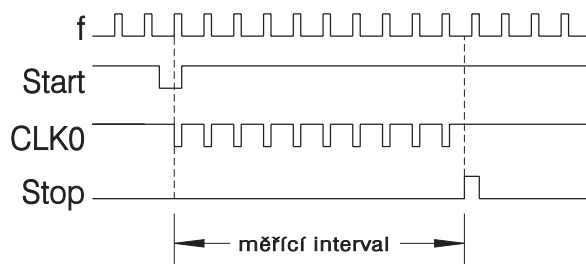
Obr. 9.5 Připojení PAI-02 k centrální jednotce SBPS-01



Obr. 9.6 Časový průběh měřicího intervalu

tače CTC1 a CTC2 pro generování měřicí periody (viz obr. 9.6.)

Čítač CTC0 je programován v módu 2 (counter mode - čítač externích pulzů) s přerušením. Po přetečení čítače je vydáno přerušení, v jehož obsluze se provádí programové čítání počtu přetečení. Čítač CTC1 je programován v módu 5 (trig timer mode - časovač se spouštěním hranou signálu TRG). Čítání a tedy i začátek měřicí periody začne až po příchodu prvního impulsu měřicího kmitočtu (spouštění signálem TRG). To zajišťuje synchronizaci začátku měření s měřícím kmitočtem. Výstup TO je veden na vstup CLK CTC2, který je programován v módu 2 (čítač externích pulzů) s přeruše-



Obr. 9.7 Časový průběh měřicího intervalu

ním. Dělicí poměr, nastavený do čítačů CTC1 a CTC2 určuje periodu čítání měřicího kmitočtu. Po dočítání CTC2 do 0 je vydáno přerušení, které signalizuje ukončení jednoho měřicího intervalu. Zároveň s vydáním přerušovacího signálu je signálem Stop (TO CTC2) zablokovan příchod dalších impulsů měřicího kmitočtu do čítače CTC0. Před startem dalšího měřicího cyklu se znovu nastaví módy čítačů a hranou signálu Start (PB bit 1) se spustí další měřicí interval. Pro správné nastavení synchronizačního obvodu musí být délka impulsu signálu Start alespoň 10 s.

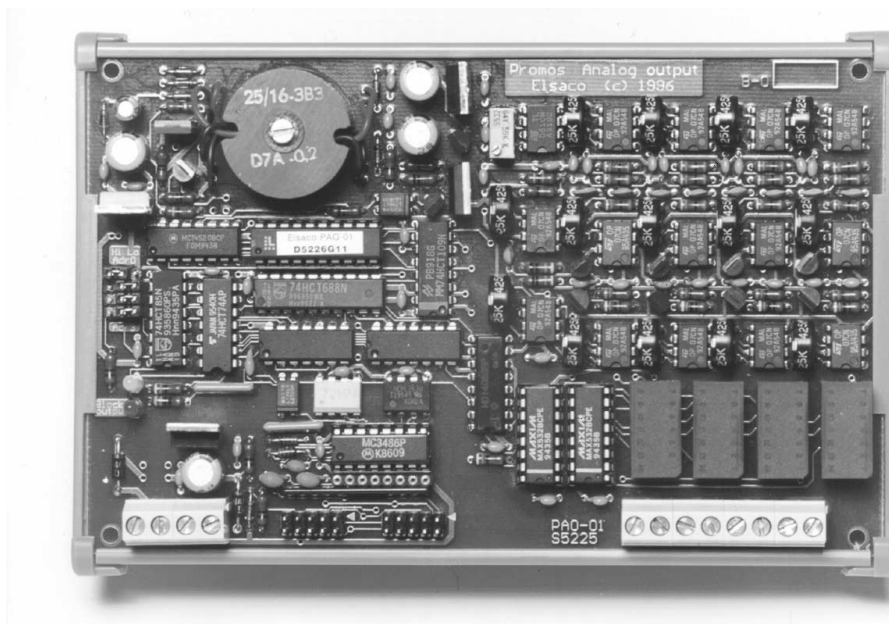
Příklad programové obsluhy je uveden v demonstračním příkladu na disketě.

9.4 Technické údaje

Typ jednotky		EI5236.0x	EI5236.1x
Max. kmitočet výstupního signálu		200 kHz	500 kHz
Strmost převodu napětí kmitočt (nastavuje se propojkami X3) uvedené hodnoty jsou typické	S1	7,3 kHz/mV	18 kHz/mV
	S2	10 kHz/mV	25 kHz/mV
	S3	12 kHz/mV	30 kHz/mV
	S4	15 kHz/mV	37,5 kHz/mV
	S5	20 kHz/mV	50 kHz/mV
Vstupní napěťový rozsah (nastavuje se propojkami X3) uvedené hodnoty jsou typické	S1	-5 ÷ +27 mV	
	S2	-3,5 ÷ +20 mV	
	S3	-3,2 ÷ +16 mV	
	S4	-2,5 ÷ +13 mV	
	S5	-1,9 ÷ +10 mV	
Výstupní kmitočet pro nulové vstupní napětí		typ. 38,5 kHz	typ. 96 kHz
Teplotní drift strmosti převodu bez programové recalibrace		typ 1, max 5 ppm/°C	
Teplotní drift offsetu bez programové recalibrace		typ 1, max 3 V/°C	
Nelinearita převodu		< 0,05%	< 0,2%
Výstupní napájecí napětí Un		+5V, max. 200mA	
Teplotní závislost výstupního napětí Un		typ 2, max 5 ppm/°C	
Teplotní stabilita vestavěného kalibrátoru		0,5 ppm/°C	
Napájecí napětí analogové části		10÷15 V	
Proudový odběr (nezahrnuje odběr z výstupního napětí Un)		130 mA	
Napájecí napětí pro relé přepínání vstupu		10÷15 V	
Proudový odběr: při měření vstupního signálu při měření ostatních veličin		0 max. 80 mA	
Rozměry desky		100 x 100 mm	
Rozsah pracovních teplot		-10÷ +50°C	

PAO-01

analogové výstupy



4 analogové výstupy

- EI5226.0x - standardní
- EI5226.1x - s galvanicky oddělenou sériovou linkou

10.1 Úvod

PAO-01 je jednotka stavebnice PROMOS, která obsahuje 4 samostatně konfigurovatelné analogové výstupy. Připojuje se na synchronní sériový expanzní port centrálních jednotek (SBPS-01, SBPS-02, SBPS-04 ap.).

4 analogové výstupy samostatně konfigurovatelné pro výstup napětí nebo proudu

Unifikované výstupní rozsahy napětí i proudu, možnost sestavení speciálních rozsahů

Možnost galvanického oddělení celého modulu od sériové linky

Vlastní napájecí měnič a stabilizátory zajišťují všechna potřebná napájecí napětí

10.2 Popis jednotky

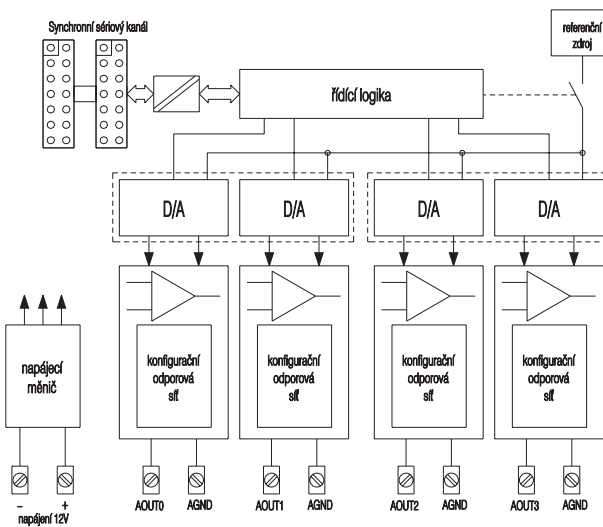
Blokové schéma jednotky je uvedeno na obrázku 10.1. Jednotka obsahuje obvody připojení na sériovou sběrnici, v modifikaci s galvanickým oddělením linky i oddělovací optrony. Vlastní inter-

Řídící logika obsahuje posuvné registry pro uložení sériově posílaných bytů hlavičky zprávy a vyhodnocovací obvody pro řízení převodníku.

Vlastní DA převodník je realizován dvojicí obvodů MAX532. Každý obsahuje dva 12-ti bitové kanály. Základní rozsah D/A převodníku je určen referenčním napětím 5V. Na obvod MAX532 je referenční napětí vedeno přes analogový spínač, ovládaný bitem řídicího slova, který umožňuje okamžité odpojení výstupu jednotky. Po zapnutí napájení nebo příchodu signálu RESET je výstupní napětí analogových výstupů až do povolení bitem ENB nulové. Obvody MAX532 jsou zapojeny za sebou, po vyhodnocení platné hlavičky jsou data z linky plněna přímo do vstupu převodníku.

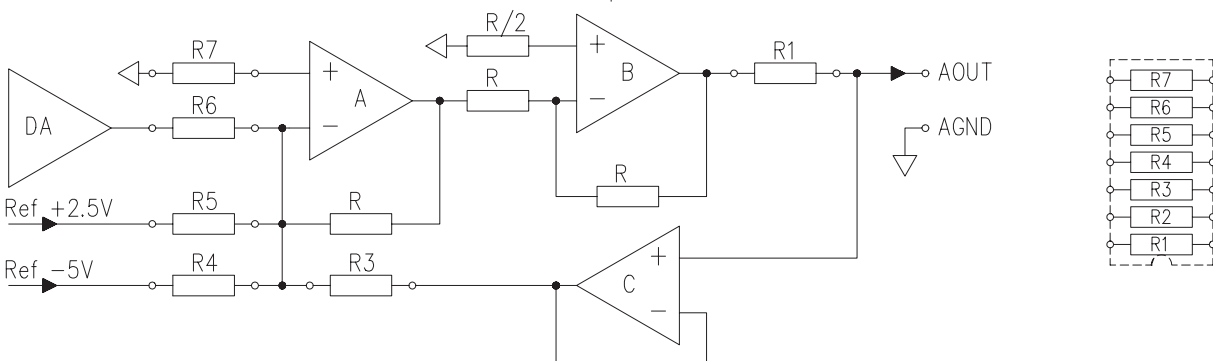
Výstupní napětí DA převodníku každého kanálu je zpracováváno obvody pro úpravu výstupníhoho signálu. Funkční schéma zapojení jednoho kanálu je uvedeno na obr. 10.1. Obvod obsahuje 3 operační zesilovače a konfigurační odporovou síť ("domeček"), určující konkrétní typ výstupní hodnoty (napětí, proud) a vlastní rozsah. Zapojení odporů v odporové síti je na obrázku vpravo, odpor R2 není použit. Operační zesilovač A provádí vlastní měřtkování a případné posunutí rozsahu. Operační zesilovač B má výkonový výstup a provádí vlastní napájení připojené zátěže. Operační zesilovač C slouží k zavedení zpětné vazby pro proudové rozsahy.

Při konfiguraci napěťového výstupu jsou použity pouze operační zesilovače A a B, odpor R1 je zkratován. Rozsah výstupního napětí je určen kombinací odporů R a R6. Odpor R4 je použit v př-

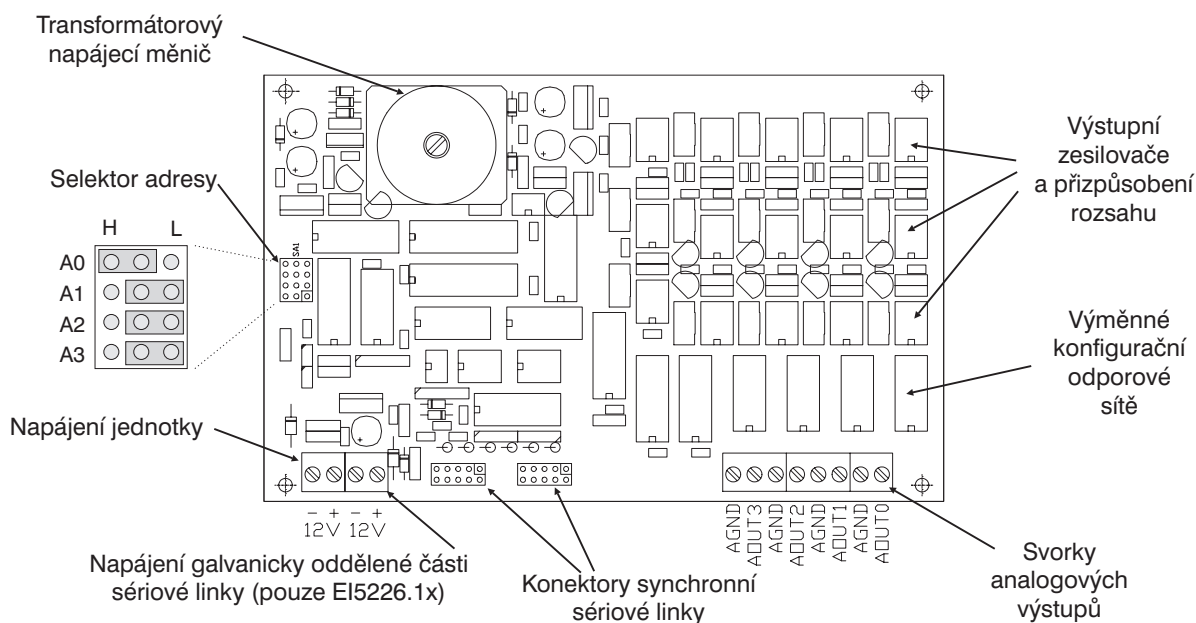


Obr. 10.1 Blokové schéma PAO-01

pretaci sériové komunikace zajišťuje řídící logika. Vlastní převod zajišťují dva dvojité D/A převodníky se společným zdrojem referenčního napětí. Úpravu a rozsah výstupního analogového signálu provádějí 4 samostatné výstupní obvody, jejichž konfigurace na potřebný typ signálu a vlastní rozsah se určuje zapojením výměnné odporové sítě. Napájecí měnič zajišťuje výrobu všech potřebných napájecích napětí pro logické i analogové obvody.



Obr. 10.2 Zapojení jednoho výstupního kanálu



Obr. 10.4 Rozmístění konektorů a svorek

padě, že výstupní rozsah je bipolární. Odpor R5 slouží k posunutí dolní hranice rozsahu.

Při konfiguraci proudového výstupu je výstupní proud snímán odporem R1 a operační zesilovač C

s odporem R3 realizuje proudovou zpětnou vazbu. Odpory R4 a R5 se používají pro realizaci bipolárního výstupu, resp. posunutí dolní hranice rozsahu.

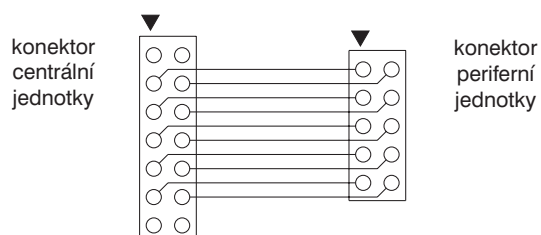
10.3 Připojení na sběrnici a adresování

K připojení na synchronní sériovou sběrnici jsou na desce osazeny dva konektory PFL10. Oba konektory jsou zcela rovnocenné. Druhý konektor může být použit pro pokračování sériové linky k dalším jednotkám. Rozložení signálů na konektoru a připojení ke konektoru centrální jednotky je zřejmé z obr. 10.3. Podrobnosti o spojení s centrální jednotkou jsou uvedeny v kap. 1.4.

Při spojení 16-pinového konektoru centrální jednotky s 10-pinovým konektorem periferní jednotky podle obrázku je zajištěno správné propojení vysílače s přijímači. Signál RES není pro komunikaci nezbytně nutný, zajišťuje pouze odpojení výstupů při resetu centrální jednotky. Pokud není použit, musí být na konektoru PFL10 spojeny špičky 7 a 8.

Adresa jednotky na sériové sběrnici se volí nastavením adresových propojek podle tabulky. Pro-

tože při komunikaci s jednotkou se používá jiný formát zpráv než pro sériový expandér, mohou se na jedné sběrnici adresy jednotek PAO-01 překrývat s adresami expandéru SBPS-03.



centrální jednotka (PFL14)			(PFL10) periferní jednotka		
signál	typ	pin	pin	typ	signál
/WRS+	Out	3	1	In	/WRS+
/WRS-		4	2		/WRS-
TXS+	Out	5	3	In	RXS+
TXS-		6	4		RXS-
RXS+	In	7	5	Out	TXS+
RXS-		8	6		TXS-
RES	Out	9	7	In	RES
GND		10	8		GND
CKSOUT+	Out	11	9	In	CKS+
CKSOUT-		12	10		CKS-

Obr. 10.3 Konektor synchronního kanálu

A3	A2	A1	A0	Adresa	A3	A2	A1	A0	Adresa
L	L	L	L	0	H	L	L	L	8
L	L	L	H	1	H	L	L	H	9
L	L	H	L	2	H	L	H	L	A
L	L	H	H	3	H	L	H	H	B
L	H	L	L	4	H	H	L	L	C
L	H	L	H	5	H	H	L	H	D
L	H	H	L	6	H	H	H	L	E
L	H	H	H	7	H	H	H	H	F

10.4 Programová obsluha

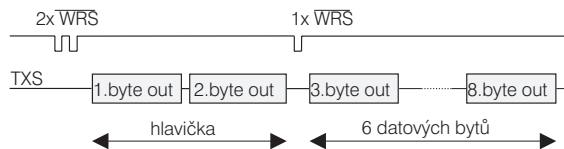
Pro přímé připojení jednotek přímo vybavených synchronním sériovým rozhraním se používá zjednodušený formát komunikace. Použitý formát komunikace umožňuje na jednom synchronním kanálu provozovat současně jak sériový expandér, tak periferní jednotky.

10.4.1 Přímá programová obsluha

Hlavička komunikační relace (viz obr. 10.6) obsahuje 2 pulsy WRS, 2 byty a ukončovací puls hlavičky WRS. Byty hlavičky obsahují typ jednotky, její adresu na sériové sběrnici a typ požadované operace. Dalších 6 bytů obsahuje 4x12 bitů hodnot pro 4 výstupní kanály.

	7	6	5	4	3	2	1	0
1. byte out	1	1	0	0	ADRESA S			
	adresa jednotky na sériové sběrnici (0÷15)							
	7	6	5	4	3	2	1	0
2. byte out	ENB	0	0	0	0	0	0	1
	povolení							
	7	6	5	4	3	2	1	0
3. byte out	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
4. byte out	B8	B9	B10	B11	A0	A1	A2	A3
5. byte out	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
6. byte out	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
7. byte out	D8	D9	D10	D11	C0	C1	C2	C3
8. byte out	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7

Zápis 1 do bitu ENB 2.bytu připojuje na D/A převodník referenční napětí a povoluje tak analogové



Obr. 10.6 Zápis dat do jednotky PAO-01

výstupy. Dalších 6 bytů udává vlastní data pro jednotlivé kanály. V tabulce hodnoty A11 ÷ A0 odpovídají kanálu 0, hodnoty B11 ÷ B0 kanálu 1 atd.

10.4.2 Obsluha DA převodníku funkcí knihovny

```
■ #define PAOSPEED 0
```

Globální konstanta PAOSPEED definuje použitou komunikační rychlost. Komunikační rychlost pro jednotky s procesorem Z180 závisí na hodinovém kmitočtu procesoru a bude $\Phi/20/(PAOSPEED+1)$, tj. pro PAOSPEED=0 bude u procesoru s kmitočtem 9,216 MHz rychlost 460kb/s. Pokud konstanta PAOSPEED není definována, bude použita nejvyšší možná rychlost komunikace.

```
■ int paout (int adr, int val0,
             int val1, int val2, int val3)
```

Funkce zapíše výstupní hodnoty val0, val1, val2, a val3 do odpovídajících kanálů analogových výstupů 0, 1, 2 a 3.

Hodnota val je vždy kladná. Plný rozsah výstupní veličiny odpovídá rozsahu 0 ÷ 4095. Pokud je výstupní rozsah zvoleného kanálu bipolární, bude nula výstupní veličiny odpovídat hodnotě 2048. Je-li výstupní rozsah posunutý, bude nulová hodnota val odpovídat dolní hranici výstupního rozsahu.

10.5 Konfigurace výstupního signálu

Převodník používá referenční napětí $U_{ref5} = -5.056V$. Výstupní napětí obvodu převodníku může nabývat hodnot $0 \div -U_{ref5} \cdot \frac{4095}{4096}$

Konkrétní převod výstupního napětí převodníku na analogový výstupní signál závisí na osazení příslušného typu konfigurační odporové sítě.

10.5.1 Napěťový výstup

Výstupní obvod využívá pouze operační zesilovače A a B. Odpor R3 není osazen a odpor R1 je zkratován. Odpovídající zapojení je zřejmé z obrázku 10.5)

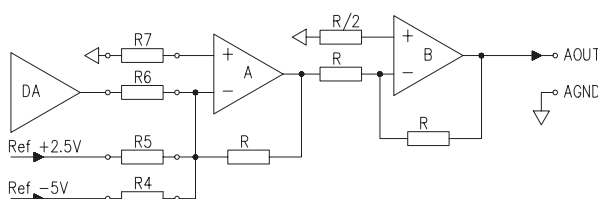
Pro výstupní napětí platí:

$$U_V = R \cdot \left(\frac{U_{DA}}{R_6} + \frac{U_{ref2.5}}{R_5} + \frac{U_{ref-5}}{R_4} \right)$$

$$U_{DA} = U_{ref5} \cdot \frac{M}{4096}$$

kde M je číslo, zapsané do registru DA převodníku. Pro jednotlivá referenční napětí platí:

$$U_{ref2.5} = \frac{U_{ref5}}{2}; \quad U_{ref-5} = U_{ref5}$$



Obr. 10.5 Zapojení výstupu pro napěťové rozsahy

Po úpravě vztahů dostaneme:

$$U_V = U_{ref5} \left(\frac{M}{4096} \cdot \frac{R}{R_6} + \frac{R}{2 \cdot R_5} - \frac{R}{R_4} \right)$$

Pro výpočet platí: $U_{ref5} = 5.056V$; $R = 72k\Omega$.

Z uvedeného vztahu je patrný vliv jednotlivých odporů. Odpor R_6 určuje celkové zesílení. Odpor R_5 slouží k posunutí rozsahu kladným směrem a odpor R_4 záporným směrem. Odpor R_7 je paralelní kombinací R_6 , R_5 , R_4 a R a vyvažuje vstupní obvod operačního zesilovače.

Operační zesilovač B je vybaven výkonovým výstupem. Vzhledem k výkonové ztrátě však musí být zachován minimální zatěžovací odpor:

$$R_{z\ min} = \frac{U_V \cdot (15 - U_V)}{0.25} \quad [\Omega]$$

S malým zatěžovacím odporem se však uplatňuje také výstupní odpor zesilovače. Pro zajištění dostatečné přesnosti výstupního napětí je vhodné dodržet zatěžovací odpor alespoň $2k\Omega$.

Krajní a středové hodnoty rozsahu, rozlišovací schopnost výstupu a minimální zatěžovací odpor pro standardní konfigurační odporové sítě AOPU uvádí následující tabulka.

Typ odporové sítě	Rozsah výstupního napětí			Rozlišení na 1 bit [mV]	$R_{z\ min}$ [Ω]
	U_0 [V]	U_{2048} [V]	U_{4095} [V]		
AOPU-00	0	5.056	10.110	2.469	300
AOPU-10	0	2.528	5.055	1.234	250
AOPU-20	0	1.011	2.022	0.494	130
AOPU-30	0	0.506	1.011	0.247	70
AOPU-02	2.000	6.045	10.088	1.975	300
AOPU-12	1.000	3.045	5.089	0.999	250
AOPU-01	-10.112	0	10.107	4.938	300
AOPU-11	-5.056	0	5.054	2.469	250
AOPU-21	-2.528	0	2.527	1.234	130
AOPU-31	-1.011	0	1.011	0.494	70
AOPU-41	-0.506	0	0.505	0.247	40

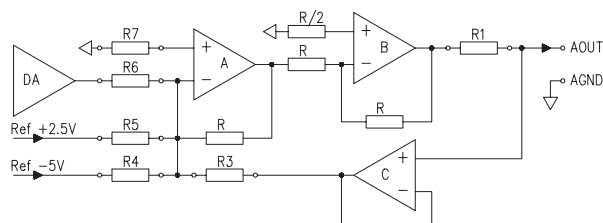
10.5.2 Proudový výstup

Funkční schéma zapojení výstupního obvodu pro proudový výstup se standardními odporovými sítěmi AOPI uvádí obrázek 10.7.

Při splnění podmínky $R_3 = R$ pro výstupní proud platí:

$$I_V = \frac{R}{R_1} \cdot \left(\frac{U_{DA}}{R_6} + \frac{U_{ref2.5}}{R_5} + \frac{U_{ref-5}}{R_4} \right)$$

$$U_{DA} = U_{ref5} \cdot \frac{M}{4096}$$



Obr. 10.7 Zapojení výstupu pro proudové rozsahy

kde M je číslo, zapsané do registru DA převodníku. Pro jednotlivá referenční napětí platí:

$$U_{ref2.5} = \frac{U_{ref5}}{2}; \quad U_{ref-5} = U_{ref5}$$

Po úpravě vztahů dostaneme:

$$I_V = \frac{U_{ref5}}{R_1} \cdot \left(\frac{M}{4096} \cdot \frac{R}{R_6} + \frac{R}{2 \cdot R_5} - \frac{R}{R_4} \right)$$

Pro výpočet platí: $U_{ref5} = 5.056V$; $R = 72k\Omega$

Z uvedeného vztahu je patrný vliv jednotlivých odporů. Odpor R_1 a R_6 určují strmost převodu napětí na proud. Odpor R_5 slouží k posunutí rozsahu kladným směrem směrem a odpor R_4 záporným směrem. Odpor R_7 je paralelní kombinací R_6 , R_5 , R_4 , R_3 a R a vyvažuje vstupní obvod operačního zesilovače.

Maximální hodnota výstupního napětí závisí na maximálním výstupním napětí operačního zesilovače B a úbytku na snímacím odporu R_1 . Pro standardní odporové sítě AOPI je maximální výstupní napětí min 10V. Dovolенý odpor proudové smyčky potom je:

$$R_{z\ max} = \frac{10}{I_{V\ max}}$$

Krajní a středové hodnoty rozsahu, rozlišovací schopnost výstupu a maximální odpor smyčky pro standardní konfigurační odporové sítě AOPI uvádí následující tabulka.

Typ odporové sítě	Rozsah výstupního proudu			Rozlišení na 1 bit [A]	$R_{z\ max}$ [Ω]
	I_0 [mA]	I_{2048} [mA]	I_{4095} [mA]		
AOPI-00	0	10.112	20.219	4.938	500
AOPI-10	0	5.056	10.110	2.469	1k
AOPI-20	0	2.528	5.055	1.234	2k
AOPI-30	0	1.011	2.022	0.494	5k
AOPI-40	0	0.506	1.011	0.247	10k
AOPI-02	3.965	12.055	20.141	3.950	500
AOPI-12	1.983	6.028	10.070	1.975	1k
AOPI-22	0.991	3.014	5.035	0.988	2k
AOPI-01	-20.224	0	20.214	9.875	500
AOPI-11	-10.112	0	10.107	4.938	1k
AOPI-21	-5.056	0	5.054	2.469	2k

10.6 Technické údaje

Typ jednotky	EI5226.0x	EI5226.1x
Rozlišení D/A převodníku	12 bitů	
Offset nuly nýstupu	1 LSB	
Přesnost zesílení a převodu	< 0.2% z rozsahu	
Teplotní drift referenčního napětí	25 ppm/°C	
Teplotní drift převodníku	25 ppm/°C	
Standardní výstupní rozsahy napěťové	0÷10, 0÷5, 0÷2, 0÷1 V 2÷10, 1÷5 V ±10, ±5, ±2.5, ±1, ±0.5 V	
Maximální proud napěťového výstupu	10 mA	
Standardní výstupní rozsahy proudové	0÷20, 0÷10, 0÷5, 0÷2, 0÷1 mA 4÷20, 2÷10, 1÷5 mA ±20, ±10, ±5 mA	
Maximální napětí proudového výstupu	10 V	
Signálové rozhraní sériové linky	RS422	
Galvanické oddělení sériové linky / izolační napětí	ne	ano / 500V
Max. rychlost přenosu	1 Mb/s	
Napájecí napětí/proud jednotky	10÷15V / 350mA	
Napájecí napětí/proud galvanicky oddělené části sériové linky	-	10÷15V / 100mA
Rozměry desky	100 x 160 mm	
Rozsah pracovních teplot	-10÷+50°C	

PKDM-10, PKDM-11 ovládací panel



**Ovládací panel s klávesnicí a LCD displejem 4x20 znaků
pro připojení na sběrnici PROMOS**

EI5244.00 - PKDM-10 (reflexní displej)
EI5244.10 - PKDM-11 (podsvícený displej)

11.1 Úvod

Panel PKDM-10/PKDM-11 je určen pro připojení na paralelní sběrnici PROMOS jako zobrazovací a ovládací jednotka.

Fóliová klávesnice s vestavěnými talířovými pružinami

Alfanumerický reflexní nebo podsvícený displej 4 řádky x 20 znaků, ovládání podsvitu

5 nezávislých indikačních diod

Vestavěný akustický měnič

Masivní nosný rámeček s pryžovým těsněním pro vestavbu do panelu

Automatická teplotní korekce kontrastu

Krycí fólie klávesnice je celoplošně nalepena na nosný rámeček a zajišťuje krytí z čelní strany IP65.

Řídící jednotka zajišťuje kódování kláves tabulkou v ROM, odpadá tedy nezbytnost stálého skanování klávesové matice.

Modul s reflexním displejem je možné napájet přímo napětím 5V ze sběrnice. Verze s podsvíceným displejem musí být napájena externím napětím 12V.

Řídící registr jednotky s nastavitelnou adresou umožňuje připojení i více modulů na jednu sběrnici.

11.2 Popis jednotky

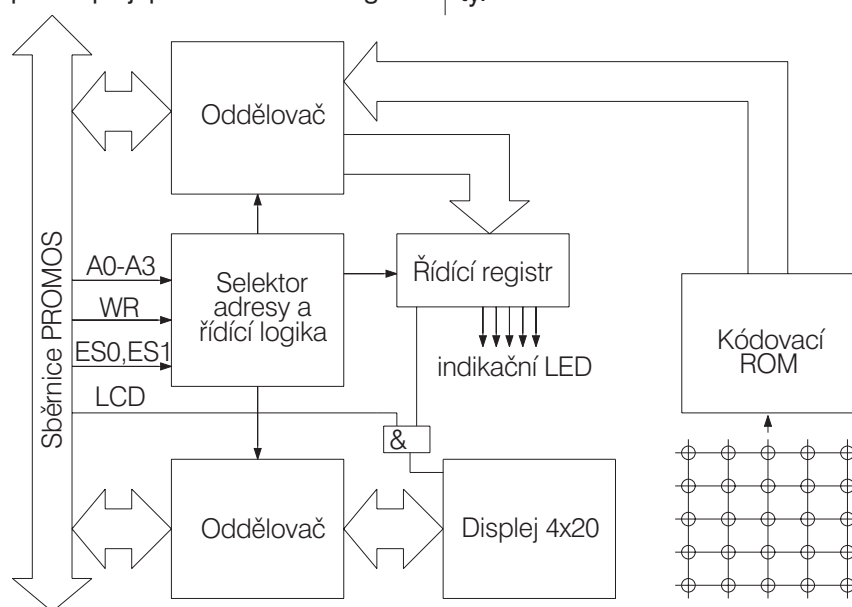
Blokové schéma jednotky je uvedeno na obrázku 11.1. Řídící jednotka ovládacího panelu se připojuje k paralelní sběrnici PROMOS. Obsahuje adresní dekodér, řídicí registr, oddělovač dat z klávesnice, koódovací ROM a oddělovač datové sběrnice vlastního řadiče alfanumerického displeje.

Adresa řídicího registru se nastavuje propojkami na desce. Řídící registr má pro čtení a zápis různý význam. Zápisem do řídicího registru se ovládají indikační diody, čtení udává přímo kód stlačené klávesy. Alfanumerický displej (resp. jeho vestavěný řadič) je připojen přes oddělovač přímo ke sběrnici. Zápis a čtení displeje se provádí prostřednictvím výběrového signálu LCD (adresy 7C,7DH). Povolení přístupu k displeji se nastavuje bitem v řídicím registru. Pokud je tedy na sběrnici více modulů PKDM, musí být při zápisu na displej povolen přístup k displeji pouze v řídicím registru

jednoho modulu. Ostatní displeje jsou „uzamčeny“ a jejich stav displeje se nemění.

Napájení modulu závisí na modifikaci. Moduly PKDM-10 s reflexním (nepodsvíceným) displejem mohou být napájeny přímo ze sběrnice (spotřeba modulu je menší než 100mA) nebo z externího napájecího napětí. Moduly s podsvíceným displejem musí být vzhledem k větší proudové spotřebě prosvětlujících svítivých diod napájeny vždy z externího napětí. Stabilizátor napájecího napětí a proudový omezovač podsvětlení jsou součástí řídicí jednotky modulu.

Optimální nastavení kontrastu se provádí víceotáčkovým potenciometrem, který umožňuje jemné nastavení. Pro zajištění dobré čitelnosti displeje v širokém rozsahu pracovních teplot řídicí jednotka obsahuje obvod, který provádí automatickou korekci řídicího napětí pro displej podle okolní teploty.



Obr. 11.1 Blokové schéma modulu PKDM-10

11.3 Nastavení propojek na řídicí jednotce

Rozmístění součástek na desce řídicí jednotky je uvedeno na obrázku 11.2 (pohled je ze strany součástek na odmontované desce). Všechny propojky a konektory pro připojení vnějších signálů jsou umístěny po okrajích desky, takže jsou dostupné i na jednotce namontované na nosném rámečku. Pokud přesto budete řídicí jednotku odpojovat od nosného rámečku, postupujte opatrně. Nejprve odšroubujte přípevňovací šroubky, vytáhněte desku z konektoru displeje, mírně ji oddalte od rámečku a opatrně vytáhněte plochý kabel klávesnice z konektoru. Při zpětné montáži zapojte kabel klávesnice do konektoru, desku nasuňte na špičky displeje a přišroubujte na distanční sloupky. Dbejte na správné zasunutí špiček displeje do spojovacího konektoru a zasunutí indikačních diod do otvorů v rámečku.

Dva sběrnicové konektory (XC1 a XC2) umožňují přivedení a pokračování sběrnice nebo připojení sběrnice do jednoho konektoru a zakončovacího členu (terminátoru) do druhého konektoru. Oba konektory jsou zcela rovnocenné.

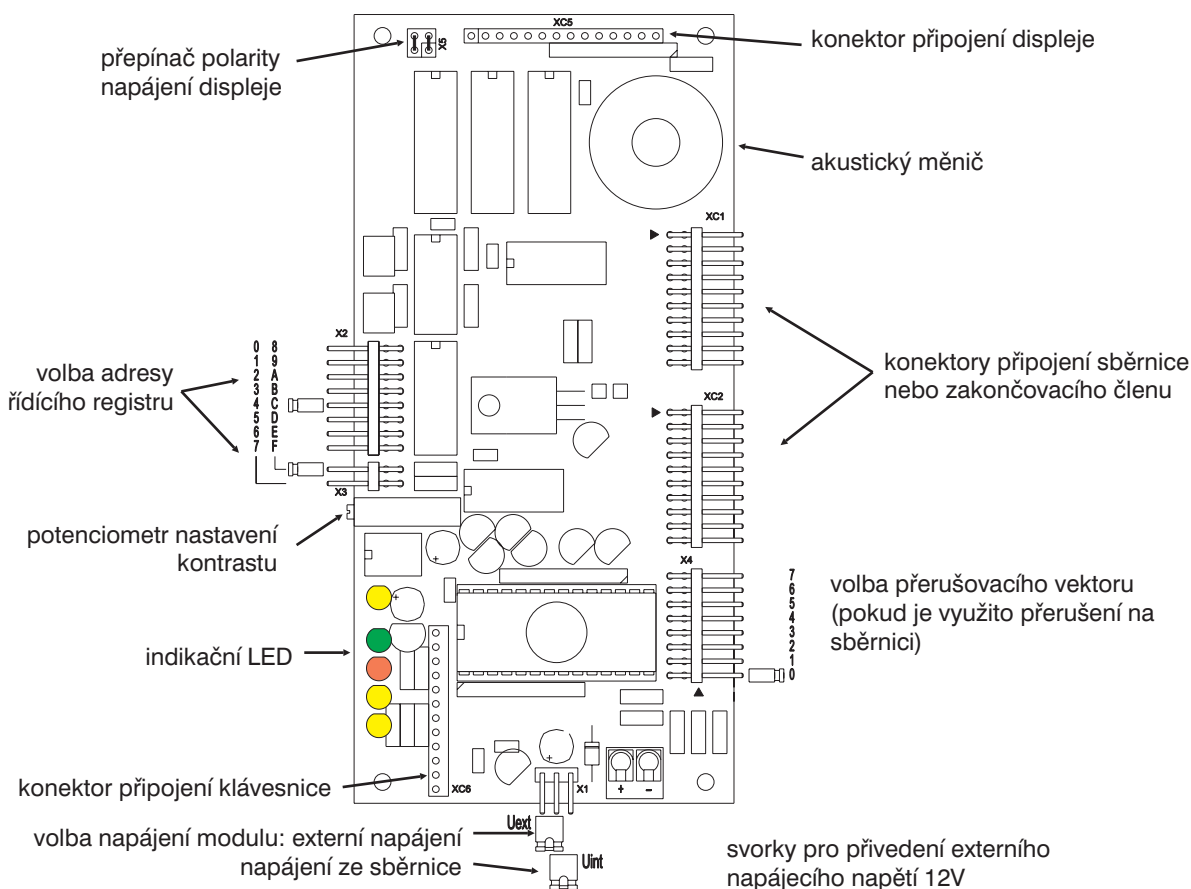
Nastavení sběrnicové adresy se provádí s pomocí dvou propojek. Umístěním propojky na konektoru X3 se volí blok adres 80÷87H nebo 88÷8FH, propojka na konektoru X2 pak určuje

přesnou adresu. Dva sloupečky na obrázku (a také odpovídající popis na zadní straně desky) určují dolní cifru adresy hexadecimálně - adresu lze nastavit v rozsahu 80÷8FH. Propojky v poloze, naznačené na obrázku, nastavují adresu řídicího registru 8CH.

Propojkou X1 se volí napájení 5V se sběrnice (poloha U_{int}) nebo napájení ze stabilizátoru externího napětí, přivedeného na svorky (poloha U_{ext}). Pokud je modul napájen se sběrnice, zůstávají svorky pro přivedení externího napájecího napětí nepoužity.

Konektor X4 slouží k volbě přerušovacího vektoru, pokud je přerušování na sběrnici použito a pokud centrální jednotka má povoleno přerušování ze sběrnice. Propojka na konektoru udává, který bit (bity) přerušovacího vektoru bude aktivován (uzeměn - výstup vektoru je typu otevřený kolektor). Modul vydá přerušování na sběrnici při každém stisku klávesy.

Potenciometr nastavení kontrastu umožňuje optimální doladění kontrastu zobrazení displeje. Nastavení kontrastu je možno provést, pokud zobrazení není dostatečně zřetelné a také vždy při výměně displeje.



Obr. 11.2 Rozmístění konekturů a propojek na desce

11.4 Základní programová obsluha

Řízení ovládacího panelu spočívá v obsluze řídicího registru jednotky a obsluze vestavěného řadiče displeje.

11.4.1 Řídicí registr

Řídicí registr je přímo přístupný funkcemi `outport()` a `inport()`. Zápis do registru nastavuje jednotlivé bity řídicího registru, čtení udává kód právě stlačené klávesy. Zapsaný stav řídicího registru nelze číst, čtením se zjišťuje kód právě stlačené klávesy.

Řídicí registr, zápis:

7	6	5	4	3	2	1	0
LDM2	LDM1	LDER	LDRN	INTE	LCDE	BUZ	LSHT

LSHT – LED Shift (bit 0) Ovládání LED SHIFT 0 - svítí, 1 nesvítí. Výstup SHIFT kromě vlastní indikační diody přepíná také kódovací tabulku dekodéru klávesnice.

BUZ – buzzer (bit1) Výstup pro ovládání piezoelektrického měniče.

LCDE – LCD Enable (bit 2) Povolení přístupu k displeji, 1 - přístup povolen (displej je přístupný na adresách 7C/7DH), 0 - přístup zakázán.

INTE – Interrupt Enable (bit 3) Zápis 1 povoluje vydání přerušovacího signálu na sběr-

	0x	2x	3x	4x	5x	6x	7x	Ax	Bx	Cx	Dx	Ex	Fx
x0	→	0	1	P	`	P	-	9	≡	α	ρ		
x1	↓	!	1	A	Q	a	q	.	7	7	4	ä	q
x2	↑	"	2	B	R	b	r	'	イ	ツ	×	β	θ
x3	←	#	3	C	S	c	s	,	ウ	〒	ε	ε	ω
x4	↳	\$	4	D	T	d	t	,	エ	ト	ト	μ	Ω
x5	↳	%	5	E	U	e	u	.	オ	ナ	1	α	Ü
x6	↳	&	6	F	V	f	v	ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
x7	-	'	7	G	W	g	w	ア	キ	ヌ	ラ	q	π
x8		(	8	H	X	h	x	ィ	ウ	ネ	ソ	ル	α
x9		)	9	I	Y	i	y	ウ	ケ	ル	'	ウ	
xA		*	:	J	Z	j	z	エ	コ	ン	レ	イ	〒
xB		+	;	K	[	k	{	オ	サ	ヒ	0	*	〒
xC		,	<	L	¥	l	|	ハ	シ	フ	フ	φ	円
xD		-	=	M	]	m	}	ユ	ス	ハ	ン	ト	÷
xE		.	>	N	^	n	→	ヨ	セ	ホ	ハ	ン	
xF		/	?	O	_	o	←	ツ	リ	マ	°	ö	■

Obr. 11.3 Znakogenerátor HD44780

nici při stlačení klávesy, 0 - přerušení zakázáno.

LDRN, LDER, LDM1, LDM2 – LED (bity 4÷7)

bity pro ovládání indikačních LED RUN, Error, Mode 1 a Mode 2. Při zápisu 0 do příslušného bitu LED svítí, 1 - nesvítí.

Řídicí registr, čtení

čtením registru se zjišťuje kód právě stlačené klávesy dle obr. 11.4. Jestliže LED SHIFT nesvítí (bit 0 registru je 1), čte se základní kód klávesy (na obr. v klávese vpravo dole), pokud není stlačena žádná klávesa, čte se kód **F5H**. Když LED SHIFT svítí (bit 0 registru je 0), čte se druhý významový kód klávesy (vpravo nahoře), pokud není stlačena žádná klávesa, čte se kód **FAH**. Při stlačení několika kláves současně se bez ohledu na stav bitu 0 řídicího registru čte kód **15H**.

Při čtení je kód právě stlačené klávesy na sběrnici vydáván bez ošetření proti zákmitům kontaktů, ošetření se provádí programovou cestou.

11.4.2 Řadič displeje

V modulu jsou používány displeje Seiko, Optrex nebo Standish s rozměrem zobrazení 4x20 znaků. Řízení displeje zajišťuje integrovaný řadič HD44780, který obsahuje interface, paměť zobrazených znaků (DDRAM), vlastní řízení displeje a znakogenerátor. Pro ovládání displeje jsou ze sběrnice přístupné dva registry - řídicí na adrese 7CH a datový na adrese 7DH. Přístup do datového registru čte nebo zapisuje data do video RAM nebo programovatelné části znakogenerátoru (CGRAM). Řídicí registr nastavuje způsob přístupu, zobrazení a polohu kurzoru atd. Jednotlivé příkazy jsou uvedeny na obr. 11.5. Tvar generovaných znaků pro jednotlivé kódy je uveden na obr. 11.3. Prvních 8 kódů znakogenerátoru (00÷07H, zrcadlí se i na 08÷0FH) je programovatelných. Na obrázku jsou uvedeny znaky, nastavené knihovní funkcí `lk_stdcg()` (viz standardní knihovní funkce).

ESC 1A 1B	F1 86 81	F2 87 82	F3 88 83	F4 89 84	F5 8A 85
SHIFT 0E 0F	INS 17 16	D 44 7 37	E 45 8 38	F 46 9 39	ENTER 0A 0D
● Shift	A 41 4 34	B 42 5 35	C 43 6 36	* 2A + 2B	/ 2F - 2D
● Run	& 26 1 31	# 23 2 32	\$ 24 3 33	↑ 12 05	DEL 08 7F
● Error					
● Mode1					
● Mode2					
Promos	(28 . 2E	) 29 0 30	← 01 13	↓ 03 18	→ 06 04

Obr. 11.4 Kódy jednotlivých kláves

	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		doba	
Clear Display	WR	0	0	0	0	0	0	0	1	vymazání displeje a návrat kurzoru do levého horního rohu (adresa 0)	1.64ms	
Cursor At Home	WR	0	0	0	0	0	0	1	*	návrat kurzoru do levého horního rohu (adresa 0) a zrušení posuvu displeje	1.64ms	
Entry Mode Set	WR	0	0	0	0	0	1	I/D	S	nastavení směru pohybu kurzoru a posuvu displeje při zápisu do DDRAM	40 s	
Display Control	WR	0	0	0	0	1	D	C	B	zobrazení dat (D), zobrazení kurzoru (C) a blikání znaku pod kurzorem (B)	40 s	
Cursor/Disp shift	WR	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	posun kurzoru a posuv displeje beze změny obsahu DDRAM	40 s	
Function Set	WR	0	0	1	DL	N	F	*	*	nastavení přístupu (DL), počet řádků (N) a font znaků (F)	40 s	
CGRAM Address Set	WR	0	1	ACG							budou poslána data do programovatelné části znakogenerátoru (CGRAM)	40 s
DDRAM Address Set	WR	1	ADD								budou poslána data do DDRAM	40 s
Busy Flag/ Address Read	RD	BF	AC								čtení Busy Flag (BF), indikujícího provádění interní operace a stav adresového čítače	0

I/D=1: inkrement, I/D=0: dekrement

S=1: s posuvem displeje

S/C=1: posuv displeje, S/C=0: posun kurzoru

R/L=1: posun vpravo, R/L=0: posun vlevo

DL=1: přístup 8-mi bitový, DL=0: čtyřbitový

N=1: 2 řádky, N=0: 1 řádek

F=1: 5x10 bodů (zde nevyužito), F=0: 5x7 bodů

BF=1: vykonává se operace, BF=0: ready

DDRAM: Display Data RAM

CGRAM: Character Generator RAM

ACG: adresa v CGRAM

ADD: adresa v DDRAM

AC: adresový čítač používaný pro přístup k CGRAM a DDRAM

Obr. 11.5 Příkazy řídicího registru HD44780

11.4.3 Ovládání podsvitu displeje

Panely PKDM-11 s podsvíceným displejem umožňují od výrobního čísla 52440130 programově ovládat podsvit.

Rozsvícení podsvitu se provede zápisem libovolné hodnoty na adresu 7FH a zhasnutí podsvitu se provede čtením adresy 7FH, nezávisle na nastavení adresy řídicího registru jednotky.

11.5 Programová obsluha funkcemi knihovny PKDM.LIB

Knihovna PKDM.LIB obsahuje všechny potřebné funkce pro obsluhu klávesnice a displeje modulu PKDM-10. Funkce umožňují obsluhu pouze jednoho modulu na sběrnici. Obsluha klávesnice a bzučáku se provádí pod přerušením. Pro generování periodického přerušení je použit vnitřní timer Z180 PRT1. Při využití funkcí obsluhy klávesnice z knihovny PKDM.LIB není tedy možné v programu používat tento timer k jiným účelům.

```
■ int lk_init_keypad(int adr);
```

adr adresa řídicího registru PKDM na sběrnici

Základní funkce pro inicializaci modulu. Nastaví timer PRT1 pro generování periodického přerušení v rastru 1.25 ms (800 Hz), vynuluje buffer klávesnice, povolí přístup na displej, inicializuje displej a zhasne indikační LED.

```
■ int lk_kxget(char mode);
```

mode určuje způsob vyjmutí znaku z fronty

Funkce vrací znak z fronty klávesnice. Při mode=0 je znak z fronty vymazán, při mode=1 znak je vrácen, ale zůstává nadále ve frontě. Pokud je fronta prázdná (nebyla stlačena žádná klá-

vesa nebo byly všechny znaky z fronty odebrány) funkce vrací -1.

```
■ int lk_kxinit(void);
```

Funkce vymaže frontu klávesnice.

```
■ int lk_setbeep(int count);
```

count délka signálu v ms

Funkce nastaví vydání akustického signálu na bzučáku ovládacího panelu. Kmitočet je signálu je pevně určen periodou přerušení (800 Hz), doba signálu je určena parametrem count [ms]. Vydání akustického signálu je zpracováno v přerušovací smyčce obsluhy klávesnice, funkce provede pouze nastavení potřebných proměnných a ihned vrátí řízení.

```
■ int lk_setled(int led);
```

led maska pro nastavení LED

Funkce nastaví stav indikačních diod na panelu dle bitů parametru led:

7	6	5	4	3	2	1	0
LRNF	LERF	LM1F	LM2F	LRN	LER	LM1	LM2

LM2, LM1, LER, LRN - bity svícení. Bity ovládají svit indikačních diod Mode2,

Mode1, Error a Run. Nastavením příslušného bitu na 1 LED svítí, nastavením 0 LED zhasne.

LM2F, LM1F, LERF, LRNF - bity blikání. Bity ovládají blikání indikačních diod Mode2, Mode1, Error a Run. Nastavením příslušného bitu na 1 bude odpovídající LED blikat bez ohledu na nastavení bitů 0-3. Shoením příslušného bitu do 0 zůstane odpovídající LED ve stavu, určeném bitem svícení.

Blikání LED zajišťuje přerušovací rutina obsluhy klávesnice. Perioda blikání je cca 2 Hz.

```
■ int lk_init(int adr);
   adr   adresa řídicího registru PKDM
```

Funkce inicializuje displej. Provede se povolení přístupu do displeje, zhasnou se všechny indikační LED a displej se uvede do počátečního stavu (nastavení, vymazání, kurzor v levém horním rohu). Fronta klávesnice zůstává beze změn.

```
■ int lk_lock(int lock);
   lock   0 - povolení přístupu
          1 - uzamčnění displeje
```

Funkce umožňuje uzamknout přístup k displeji se sběrnice. Podle parametru `lock` se nastaví bit povolení přístupu v řídicím registru modulu. Adresa řídicího registru je nastavená funkcí `lk_init` nebo `lk_init_keypad`.

```
■ int lk_pos(int line, int col);
   line   řádek (0÷3)
   col    sloupec (0÷19)
```

Funkce nastaví kurzor a ukazatel zápisu do paměti zobrazovaných znaků (DDRAM) na pozici `line, col`. Další zapisovaný znak na displej (funkcí `lk_putc, lk_printf`) bude zobrazen na této nastavené pozici.

```
■ int lk_putc(char x);
   x       znak
```

Funkce zapíše znak `x` na aktuální polohu kurzoru na displeji. Při vykonávání funkce `lk_putc` jsou respektovány standardní ESC sekvence (viz popis `lk_printf`). Např. posloupnost operací:

```
lk_putc(0x1B); lk_putc('c');
   provede vymazání od kurzoru do konce řádku.
```

```
■ int lk_printf(char *fmt, ...);
```

Funkce analogická `printf` (`lprintf`) s výstupem na displej. `fmt` je formátovací řetězec, který může obsahovat příslušné formátové specifikace `%s, %d` atd, viz popis `printf` v příručce Dynamic C. Formátovací řetězec je následován příslušným počtem parametrů podle uvedených formátových specifikací.

Při výpisu na displej je možné používat následující ESC sekvence:

```
ESC p y xx  nastavení pozice kurzoru na
             řádek y a sloupec xx
ESC l       Zapnutí kurzoru
ESC O       Vypnutí kurzoru
ESC c       Vymazání od kurzoru do konce řádku
ESC b       Povolení módu blikání kurzoru
ESC n       Zakázání módu blikání kurzoru
ESC e       Vymazání celého displeje a nastavení
             kurzoru do levého horního rohu
```

Příklady použití ESC sekvencí a `lk_printf`:

```
lk_printf("\x1bp205%d", i);
   - vypíše proměnnou i v desítkové formě na řádek 2 sloupec 5 .
```

```
lk_printf("\x1be\x1bp110Start");
   - vymaže displej a na řádek 1 od sloupce 10 zapíše slovo Start.
```

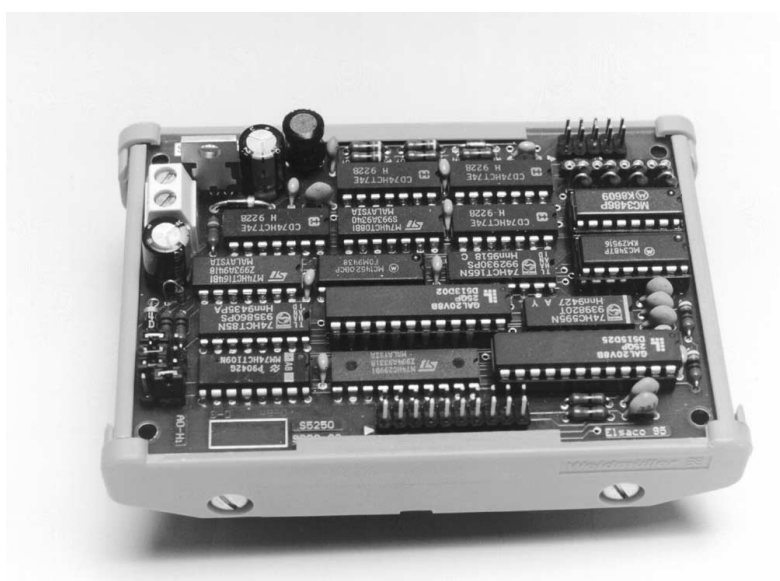
Řádky jsou číslovány 0,1,2,3, sloupce 0,1 ... 19.

11.6 Technické údaje

Typ jednotky	EI5244 .10	EI5244 .20
Klávesnice	26 kláves + SHIFT	
Displej	4 řádky x 20 znaků	
Výška znaku	5 mm	
Rozměr zobrazovacího pole	76 x 22 mm	
Typ displeje	reflexní	podsvícený
Napájení	5V nebo 12V	12V
Proudový odběr	max 100mA	max 400mA
Rozměr řídicí jednotky	67.9 x140.5 mm	
Vnější rozměr panelu	153.4 x 168.4 mm	
Zástavbová hloubka	30 mm	

SBPS-03

sériový expandér



EI5250 - SBPS-03, standardní

12.1 Úvod

Sériový expandér SBPS-03 je určen k rozšíření sestav s centrálními jednotkami PROMOS a PROMOS Compact, vybavenými synchronním sériovým portem. Prostřednictvím sériového expanderu jsou přístupné cykly čtení a zápisu na paralelní sběrnici PROMOS.

Připojení k centrální jednotce až a vzdálenost 1200m

K jednomu expandéru je možné připojit až 10 paralelních periferních jednotek

K jedné centrální jednotce může být připojeno až 14 expandérů

Zabezpečení přenosu dat CRC

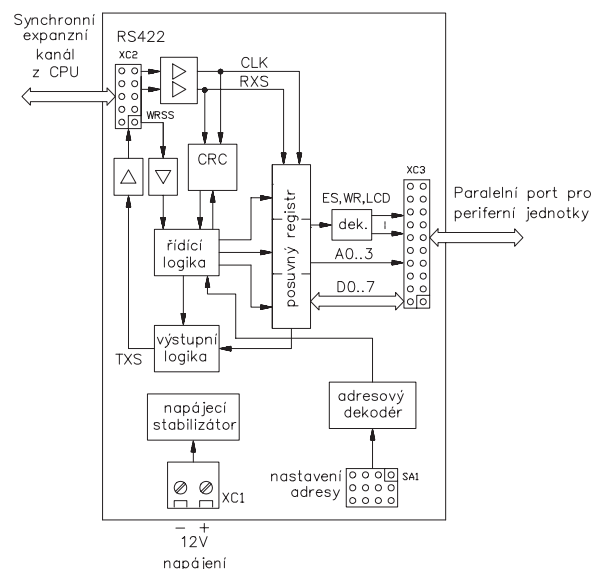
12.2 Popis jednotky

Expandér zajišťuje transformaci synchronní sériové linky na paralelní sběrnici PROMOS, ke které je pak možné připojovat běžné paralelní periferní jednotky.

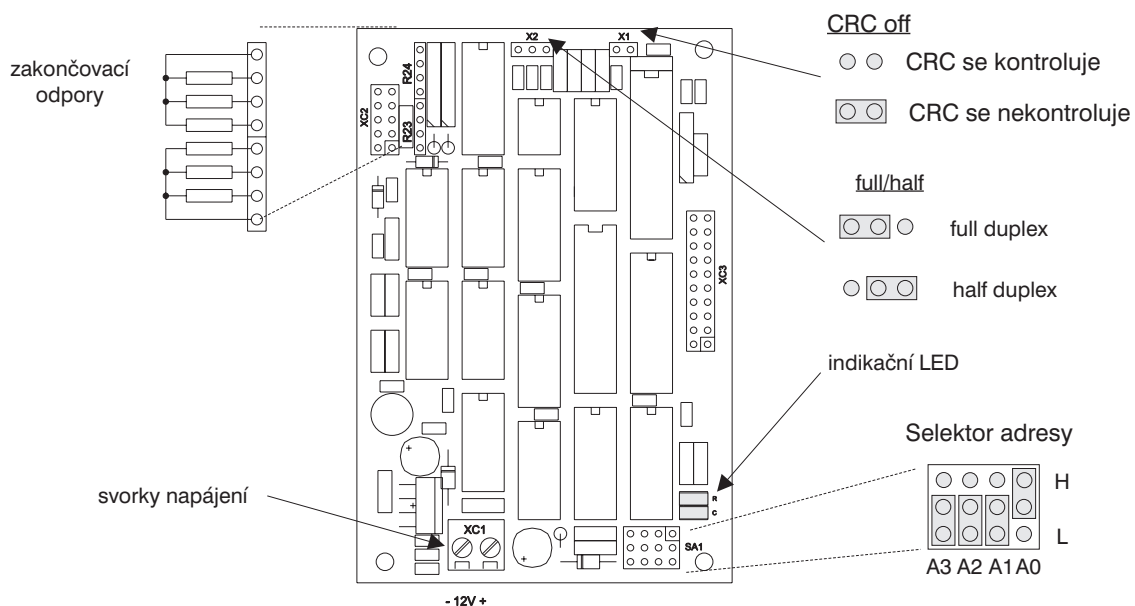
Blokové schéma expandéru je uvedeno na obrázku 12.1. Jednotka obsahuje linkové přijímače WRS (strobování), RXD (přijímaná data), CLK (přijímané hodiny) a vysílač TXD (vysílaná data). Linkové signály jsou diferenciální se signálovým rozhraním RS422. Řídící logika zajišťuje dekódování sériově posílaných příkazů, generování čtecích nebo zápisových cyklů paralelní sběrnice a případně odeslání odpovědi. Napájecí stabilizátor zajišťuje napájení logických obvodů z nestabilizovaného napětí 12V. Připojení na sériovou linku se provádí přes konektor XC2 (PFL10). Konektor XC3 (PFL20) slouží k připojení paralelních periferních jednotek, stejně jako konektor paralelní sběrnice na centrálních jednotkách. Pro použití paralelní sběrnice expandéru platí také stejná pravidla (viz 1.1).

Adresový přepínač SA1 slouží k nastavení adresy jednotky na sériové sběrnici. Pokud je na jedné sériové sběrnici několik expandérů, musí mít každý nastavenou jinou adresu.

Propojka X2 (full/half) umožňuje provoz s duplexním (full) nebo poloduplexním (half) provozem. V poloduplexním módu se pro přenos dat používají pouze vodiče TXD (piny 5 a 6 konektoru PFL10), v duplexním provozu se přijímaná a vysílaná data vedou vlastními páry vodičů RXD a TXD. Pro spolu-



Obr. 12.1 Blokové schéma expandéru SBPS-03



Obr. 12.2 Rozmístění konektorů a přepínačů

práci s běžnými centrálními jednotkami PROMOS se používá duplexní provoz.

Propojka X1 "CRC off" umožňuje vyřadit kontrolu CRC při příjmu zprávy, což umožňuje zrychlit generování zpráv ze strany centrální jednotky. Pokud je propojka rozpojena, provádí se při každém příjmu kontrola CRC a pokud je vyhodnocena chyba, není příkaz akceptován. Při vysílání odpovědi z expandéru je CRC generováno vždy bez ohledu na stav propojky.

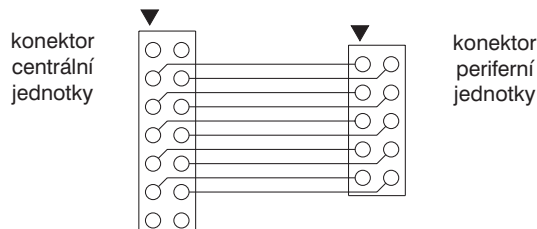
Selektor adresy SA1 umožňuje nastavení adresy jednotky na sériové sběrnici. Adresa se nastává ve dvojkových kombinacích:

A3	A2	A1	A0	Adresa	A3	A2	A1	A0	Adresa
L	L	L	L	neplatná	H	L	L	L	8
L	L	L	H	1	H	L	L	H	9
L	L	H	L	2	H	L	H	L	A
L	L	H	H	3	H	L	H	H	B
L	H	L	L	4	H	H	L	L	C
L	H	L	H	5	H	H	L	H	D
L	H	H	L	6	H	H	H	L	E
L	H	H	H	7	H	H	H	H	neplatná

Na jedné sériové sběrnici může být tedy připojeno maximálně 14 expandérů. Adresy 0 a F nejsou považovány za platné adresy. Pokud je ve zprávě určena adresa nulová, považuje se taková zpráva za globální pro všechny jednotky, připojené na lince. Adresa F je vyhrazena pro speciální použití. Adresy sériových expandérů se na jedné sběrnici mohou překrývat s adresami periferních jednotek se sériovým připojením, které používají odlišný formát komunikace, rozlišení příslušnosti zprávy se detekuje podle nastavení bitu ID v řídicím komunikačním slově.

Indikační dioda C indikuje provoz sběrnice. Blikne při každém komunikačním cyklu sběrnice bez ohledu na adresu jednotky. Indikační dioda R indikuje detekci hlavičky zprávy, příslušející tomuto expandéru. Dioda se rozsvítí, pokud adresa ve zprávě souhlasí s nastavenou adresou jednotky a souhlasí kontrola CRC. Pokud je kontrola CRC zablokována propojkou "CRC off", považuje se kontrola CRC za správnou v každém případě.

U připojovacího konektoru sériové linky je řadová patice pro osazení zakončovacích odporů vedení. Zakončovací odpory se obvykle osazují pouze pokud je expandér posledním připojeným zařízením na sériové lince. Odpory slouží k impedančnímu zakončení vedení a jsou připojeny na vstupech přijímačů WRS, CLK a RXD. Hodnota odporů je obvykle 360Ω.



centrální jednotka (PFL14)			(PFL10) expandér		
signál	typ	pin	pin	typ	signál
/WRS+	Out	3	1	In	/WRS+
/WRS-	Out	4	2	In	/WRS-
TXS+	Out	5	3	In	RXS+
TXS-		6	4		RXS-
RXS+	In	7	5	Out	TXS+
RXS-		8	6		TXS-
RES	Out	9	7	In	RES
GND		10	8		GND
CKSOUT+	Out	11	9	In	CKS+
CKSOUT-		12	10		CKS-

Obr. 12.3 Konektor synchronního kanálu

Rozložení signálu na konektoru PFL10 a způsob připojení ke konektoru PFL14 centrální jednotky je zřejmé z obrázku 12.3. Signál GND / RES nemusí být použit. Pokud je přiveden z centrální jednotky, zajišťuje vydání RES na paralelní sběrnici při odpojení napájení, stlačení RESET nebo výpadku WD centrální jednotky. Pokud signál RES není přiveden z centrály, musí být na konektoru spojen s GND (špičky 7 a 9).

Komunikační protokol a formát zpráv je popsán v kap. 1.5.

12.3 Programová obsluha

Knihovna "expander.lib" obsahuje funkce, které umožňují číst a psát byte na paralelní sběrnici sériového expandéru.

■ `int exp_init (int speed);`

Nastaví komunikační rychlost pro další komunikace a inicializuje synchronní sběrnici. Parametr `speed` určuje komunikační rychlost.

■ `int exp_wr (char expadr, char boardadr, char data);`

Funkce zprostředkuje zápis jednoho bytu do periferní jednotky, připojené k sériovému expan-

déru. Parametr `expadr` určuje adresu expandéru na sériové sběrnici, `boardadr` je adresa jednotky na paralelní sběrnici `expandér` a `data` je obsah bytu, který bude zapsán. Návrátová hodnota je:

- 0 zápis proběhl úspěšně
- 1 nesouhlasí kontrola CRC při příjmu, komunikační relace je neúspěšná
- >0 vrací se binární číslo, které má významné pouze 3 nejnižší bity:
bit 0: =1 na paralelní sběrnici byl INT
bit 1: =1 výpadek WatchDog některé jednotky na paralelní sběrnici

bit 2: = 1 expandér vyhodnotil chybu CRC při příjmu zprávy

Pokud je návratová hodnota nulová, byl zápis úspěšný. Nastavení bitů 0 a 1 také neznamená neúspěšný výsledek, bity pouze indikují nestandardní událost, která proběhla na sběrnici. Bit 1 (WD) se nastaví v případě, že některá z připojených periferních jednotek (např. PBIO-03) vydala signál o výpadku vlastního obvodu WD. Bit 0 (INT) se nastaví po příchodu přerušeni na paralelní sběrnici. Bity WD a INT se provedením komunikační relace shodí a při opakovaném vyvolání funkce `ex_wr` nebo `exp_rd` budou nulové až do příchodu další výjimečné události.

Bit 2 indikuje stav kontrolního obvodu CRC expandéru. Pokud je nastaven (1), znamená to, že expandér detekoval zprávu s vlastní adresou, ale zápis neprovedl, protože nesouhlasí CRC.

```
int exp_rd (char expadr,  
            char boardadr, char *data);
```

Funkce zprostředkuje čtení jednoho bytu z periferní jednotky, připojené k sériovému expandéru. Parametr `expadr` určuje adresu expandéru na sériové sběrnici, `boardadr` je adresa jednotky na paralelní sběrnici expandéru a `*data` je ukazatel, kam bude uložena čtená hodnota. Návratová hodnota je:

- 0 čtení proběhlo úspěšně
- 1 nesouhlasí kontrola CRC při příjmu, komunikační relace je neúspěšná
- >0 vrací se binární číslo, které má významné pouze 3 nejnižší bity:

bit 0: = 1 na paralelní sběrnici byl INT
bit 1: = 1 výpadek WatchDog některé jednotky na paralelní sběrnici
bit 2: = 1 expandér vyhodnotil chybu CRC při příjmu zprávy

Význam bitů 0 ÷ 2 je stejný, jako u návratové hodnoty funkce `exp_wr`.

Doba vykonání komunikační relace

Doba vykonání funkce `exp_wr` a `exp_rd` závisí na hodinovém kmitočtu procesoru centrální jednotky a nastavené komunikační rychlosti. Tabulka uvádí údaje pro Z180 9.216 MHz, "speed" je hodnota parametru funkce `exp_init`, který nastavuje komunikační rychlost. Pro jiný hodinový kmitočet procesoru bude doba vykonání přímo úměrná.

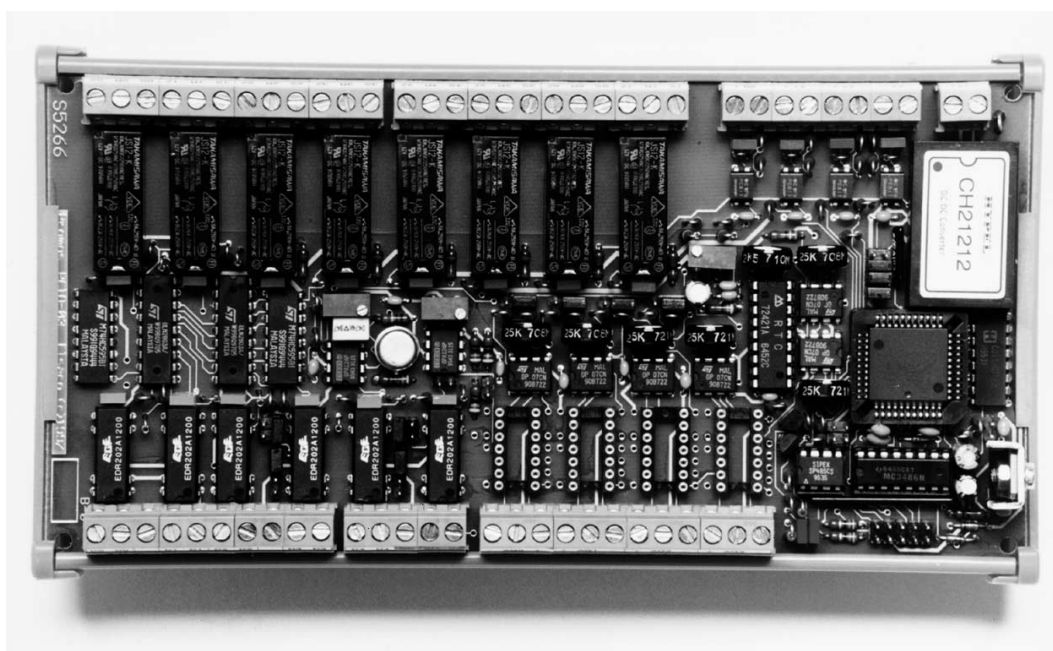
speed	komunikační rychlost	doba vykonání exp_rd/exp_wr
0	460.8 kb/s	0.21 ms
1	230.4 kb/s	0.24 ms
2	115.2 kb/s	0.31 ms
3	57.6 kb/s	0.54 ms
4	28.8 kb/s	1.2 ms

12.4 Technické údaje

Signálové rozhraní	RS422
Max. přenosová rychlost	1Mb/s
Citlivost přijímače	min. ±200 mV
Vstupní odpor přijímače	12 kΩV
Výstupní úroveň diferenciálního signálu	typ. 3.7, min. 1.5 V
Maximální délka připojeného vedení sériové linky	1200 m
Napájecí napětí	9 ÷ 15 V
Odběr z napájecího zdroje	max 200 mA
Rozměry bez držáku	67.9x100 mm
Rozsah pracovních teplot	-10..50°C

PCIO-01

logické vstupy/výstupy analogové vstupy



4 logické vstupy 24 V s galvanickým oddělením
8 logických výstupů s relé
4 analogové vstupy
6 přepínacích relé pro AD vstupy nebo log. výstupy

EI5266.0x standardní
EI5266.1x precizní AD s velkým zesílením

14.1 ÚVOD

PCIO-01 je periferní modul systému PROMOS. Je určen k připojení na synchronní sériovou sběrnici centrálních jednotek PROMOS.

Základní charakteristiky:

4 vzájemně nezávislé logické vstupy 24V s galvanickým oddělením, každý vstup má samostatné svorky, stav vstupu je indikován svítivou diodou

8 vzájemně nezávislých, galvanicky oddělených výstupních obvodů, realizovaných reléovým přepínacím kontaktem 250V/5A~

4 diferenciální vstupy s AD převodníkem 12 bitů, každý vstup samostatně konfigurovatelný zasunutím modulu odporové sítě pro daný

proudový, napěťový nebo odporový rozsah, v provedení EI5266.1x s precizními zesilovači také možnost měření tenzometrických můstků a termočlánků

6 jazýčkových relé, která mohou být použita pro přepínání analogového vstupu na více měřených míst nebo jako nízkonapěťové logické výstupy

Připojení k synchronní sériové sběrnici dovoluje umístit modul ve vzdálenosti až 100 m od centrální jednotky.

Jediné napájecí napětí 12V

Pracovní teplota $-10 \div 50^{\circ}\text{C}$

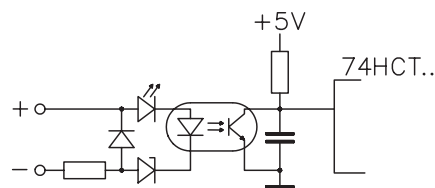
14.2 Popis jednotky

Blokové schéma jednotky je uvedeno na obrázku 13.1. Jednotka obsahuje řídicí logiku připojenou ke sběrnici realizovanou programovatelným polem MACH. Řídicí obvod umožňuje přístup k AD převodníku a registrům logických vstupů a výstupů. Vestavěný obvod WatchDog zajišťuje odpojení všech výstupních relé na desce při ztrátě komunikace s centrální jednotkou nebo při zacyklení programu. Napájecí měnič zajišťuje všechna potřebná napájecí napětí.

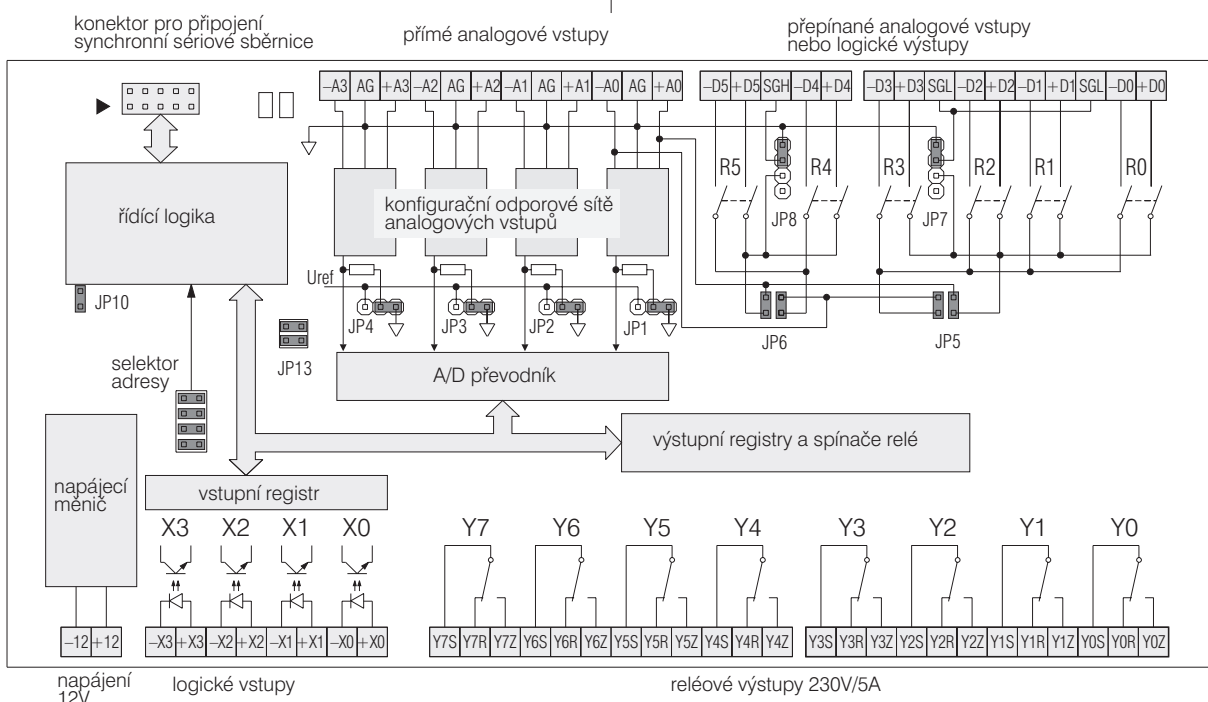
14.2.1 Logické vstupy

Logické vstupy jsou realizovány obvyklým zapojením s galvanickým oddělením optronem. Schéma zapojení jednoho vstupního obvodu je na obr. 13.2 Vstup je chráněn proti přepólování, zene-

rova dioda zvyšuje prahovou úroveň vstupního signálu, svítivá dioda indikuje stav vstupu. Vstupy jsou galvanicky odděleny od systémového napájení i vzájemně mezi sebou. Proud vstupu při nominálním vstupním napětí 24V je 6mA.



Obr. 13.2 Schéma jednoho vstupního obvodu



Obr. 13-1 Blokové schéma PCIO-01

14.2.2 Logické výstupy

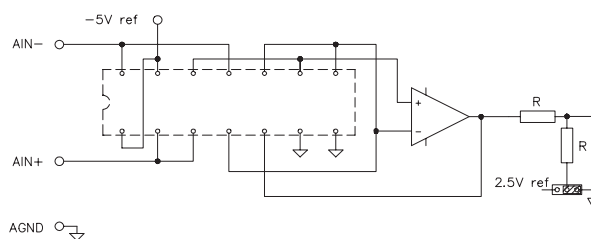
Výstupní obvody jsou pasivní. Každý výstup je realizován jedním přepínacím kontaktem relé. Stav každého relé je indikován svítivou diodou. Kontakty relé každého výstupu jsou vyvedeny samostatně na svorky. Kontakt relé je dimenzován na spínání střídavého napětí 250V s proudem 8A nebo stejnosměrného napětí do 30V s proudem 8A. Vzhledem k tloušťce spojovacích vodičů mezi svorkami a kontakty relé by však proud neměl překročit 5A.

14.2.3 Analogové vstupy

Všechny 4 analogové vstupy obsahují operační zesilovač s nízkým napěťovým driftem, malými vstupními proudy a dlouhodobou stálostí parametrů. Konkrétní zapojení vstupního zesilovače každého vstupu pro měření dané veličiny a rozsah měření jsou určeny vložením příslušné odporové sítě. Schéma vstupního obvodu bez osazené odporové sítě je na obr. 13.3.

Konfigurační odporová síť je v patici DIL14. Na vývody patice jsou přivedeny oba vstupy i výstup operačního zesilovače, referenční napětí a vstupní svorky. Pro běžné rozsahy napětí, proudu a odporů včetně odporových teploměrů jsou k dispozici hotové odporové sítě řady AIP. Zapojení vstupu s jednotlivými typy odporových sítí je popsáno v další kapitole. Pro nestandardní aplikace nebo zvláštní rozsahy je možné sestavit vlastní odporovou síť. Zesílení operačního zesilovače musí být voleno tak, aby výstupní napětí pro celý rozsah měření bylo $0 \div 5V$ pro unipolární rozsahy nebo $\pm 2.5V$ pro bipolární rozsahy.

Nepoužité vstupy musí být ošetřeny spojením záporné zpětné vazby a uzemněním neinvertujícího vstupu operačního zesilovače (spojí se vývody



Obr. 13.3 Schéma jednoho vstupního obvodu AD

5-10 a 6-9 v patici nebo se osadí síť AIPN-01). Pokud vstupní obvod bez konfigurační sítě zůstane bez ošetření, je operační zesilovač v saturaci a jeho výstupní napětí může přes substrátové diody multiplexeru A/D převodníku způsobit chybu měření ostatních vstupů.

14.2.4 Doplnková relé

Na desce je osazeno 6 doplnkových relé, která mohou být použita pro přepínání analogových vstupů nebo jako logické výstupy.

Pro přepínání analogových vstupů se s pomocí propojek připojí společné vodiče kontaktů relé k analogovému vstupu A0, svorky +A0 a -A0 zůstanou nezapojené a analogové signály se připojí na svorky +Dx a -Dx. S pomocí relé R se potom analogový vstup A0 může přepínat na více měřicích míst.

Relé je možné použít jako logické výstupy - v takovém případě se propojkou připojí společný vodič reléových kontaktů na svorku SGL nebo SGH a příslušné svorky Dx+ se použijí jako logické výstupy. Použitá jazýčková relé nesmí být použita pro spínání síťových spotřebičů. Použití reléových sekcí je možné i kombinovat.

14.3 Připojení na sběrnici a nastavení propojek

Jednotka se připojuje k synchronnímu sériovému portu centrálních jednotek. Spojovací kabel je uveden na obr. 13.4. Pro blízka spojení je možné s výhodou použít plochý kabel 10 žil. Na stejné sběrnici může být napojeno více jednotek, komunikační protokol umožňuje kombinaci s jinými typy jednotek (např. PAO-01) i se sériovými expandery. Princip sériového spojení je uveden v kap. 1.5 "Formát sériové komunikace". Podrobný popis použitých řídicích a datových slov protokolu pro PCIO-01 je uveden v popisu programové obsluhy.

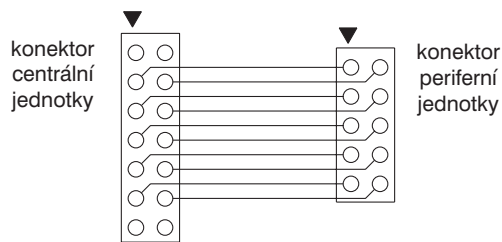
Nastavení sběrnice adresy jednotky PCIO-01 ilustruje obrázek 13.5. Používají se binární kombinace 4 propojek, nezapojená propojka odpovídá bitové hodnotě log.1, spojená propojka bitové hodnotě log.0. Každá z připojených jednotek PCIO-01 musí mít nastavenou unikátní sběrnice

adresu, překrývání adres jednotek různého typu je dovoleno..

Propojovací pole JP13 umožňuje nastavit testovací režim výstupů a ovládat vestavěný obvod WatchDog: při spojené propojce TEST svítí pouze LED, relé nespínají, při spojené propojce WD je funkce WD blokována a relé zůstávají v nastaveném stavu. Časová konstanta obvodu WD je cca 2s, při spojení propojky JP10 cca 0,5s. Výpadek WD je indikován svítivou diodou.

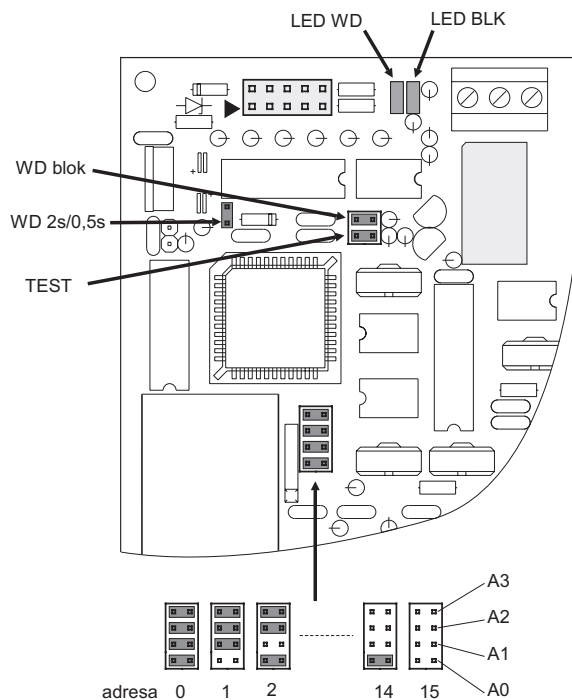
Při vytažení spojovacího kabelu s centrální jednotkou (nejsou spojeny špičky RES a GND připojovacího konektoru) řídicí obvod zajistí odpojení relé (svítí indikační dioda BLK).

Poloha propojek a indikačních diod je zřejmá z obrázku 13.5.



centrální jednotka (PFL14)			(PFL10) periferní jednotka		
signál	typ	pin	pin	typ	signál
/WRS+	Out	3	1	In	/WRS+
/WRS-		4	2		/WRS-
TXS+	Out	5	3	In	RXS+
TXS-		6	4		RXS-
RXS+	In	7	5	Out	TXS+
RXS-		8	6		TXS-
RES	Out	9	7	In	RES
GND		10	8		GND
CKSOUT+	Out	11	9	In	CKS+
CKSOUT-		12	10		CKS-

Obr. 13.4 Připojovací kabel PCIO-01

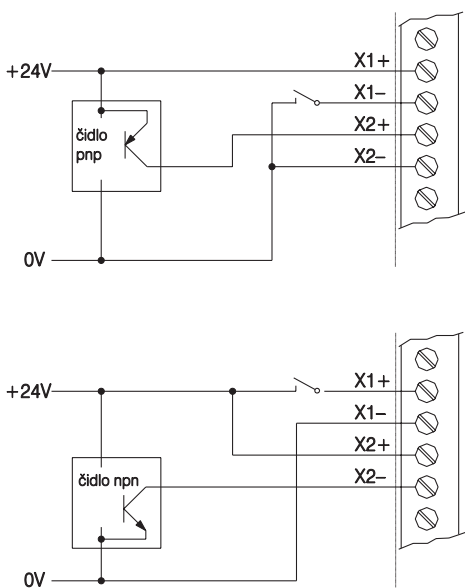


Obr. 13.5 Nastavení adresy a WD

14.4 Připojení logických vstupních a výstupních obvodů

14.4.1 Logické vstupy

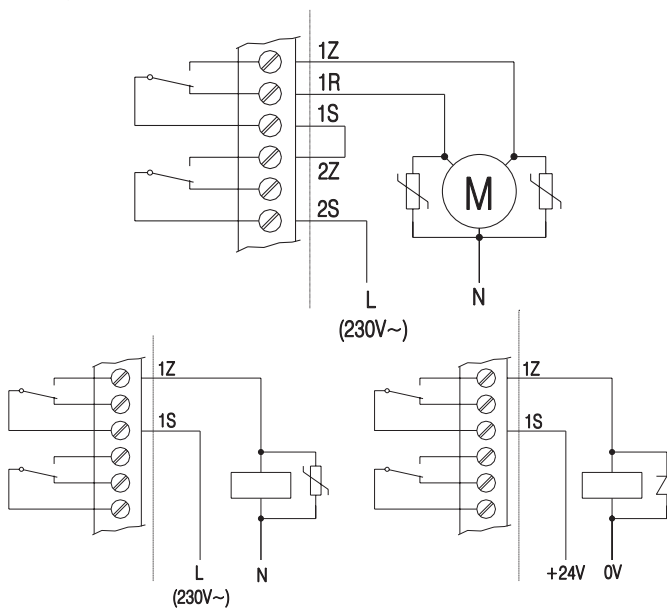
Vstupní obvody jsou stejnosměrné, s ochranou proti přepólování. Jako zdroj signálu je možné používat bezpotenciálový kontakt nebo čidla s výstupním tranzistorem npn i pnp. Vstupy jsou navzájem galvanicky odděleny, ke každému vstupu je nutno připojovat oba póly. Způsob připojení kontaktů a polovodičových čidel ilustrují schémata na obrázku 13.6.



Obr. 13.6 Připojení vstupních obvodů

14.4.2 Logické výstupy

Výstupy jsou realizovány přepínacími kontakty. Při přímém spínání indukivní zátěže (cívky stykačů, motory ap.) je vždy nutno provést odrušení. Odrušovací člen je nejhodnější umístit přímo u spotřebiče (viz obr. 13.7). Pro zátěže, spínané ze střídavého napětí je možné použít varistory, pro zátěže spínané ze stejnosměrného napětí varistory nebo diody. Varistory musí být vždy dimenzovány

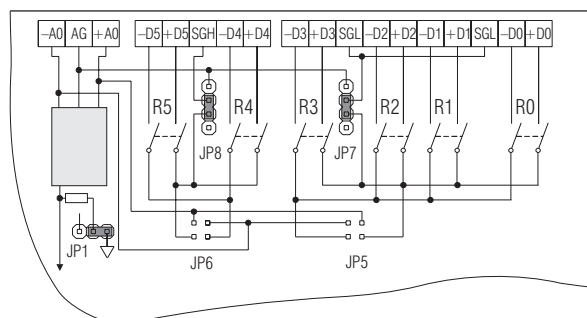


Obr. 13.7 Odrušení zátěže varistorem a diodou

na odpovídající napájecí napětí spotřebiče, diody musí mít odpovídající závěrné napětí. Odrušovací členy nejsou součástí jednotky, je možno je objednat samostatně.

14.4.3 Doplnková relé jako logické výstupy

Doplnková relé R je možné využít jako logické výstupy. Je možné využít zvlášť dvojitou a zvlášť čtyřnásobnou sekci, které jsou od sebe galvanicky odděleny. Kontakty jazýčkových relé dovolují spínání napětí max. 100V~ a proud max 500mA, není tedy možné spínání síťových spotřebičů. Pokud budou kontakty použity např. pro spínání cívk relé 24V=, je vhodné cívku ošetřit diodou. Zapojení propojek uvádí obrázek 13.8.



Obr. 13.8 Zapojení propojek pro doplnková relé jako logické výstupy

14.5 Připojení analogových vstupních obvodů

Referenční napětí převodníku je nastaveno na 2.528V. Vlastní vstup obvodu AD7890 je unipolární s rozsahem od 0 do $2.528 \cdot 4095/4096 = 2.5274V$. Pro zajištění kompatibility se standardní řadou odporových sítí je výstup vstupního operačního zesilovače zaveden na odporový dělič, viz obr. 13.3. Propojka, připojená na dolním konci děliče každého kanálu, umožňuje tři způsoby modifikace výstupního napětí operačního zesilovače.

V základní poloze (propojky JP1 ÷ 4 v poloze dle obr. 13.1), je dolní konec děliče připojen na analogovou zem, což zajišťuje dělení výstupního napětí zesilovače v poměru 1:2, tj. přizpůsobení ke vstupnímu rozsahu obvodu převodníku pro standardní odporové sítě s unipolárním rozsahem.

Druhá poloha propojky (spojeny středový a levý kolík) zapojuje dolní konec děliče na referenční napětí 2.528V, což umožňuje posunout bipolární rozsahy $-2.528V \div +2.527V$ do unipolárního vstupního rozsahu obvodu převodníku. Nulová hodnota výstupního napětí vstupního zesilovače bude potom zobrazena v polovině unipolárního rozsahu, tj. číslem 2048.

Pokud je propojka nezapojena, je výstupní napětí zesilovače přímo přivedeno na vstup převodníku. Při použití standardních odporových sítí bude vstupní rozsah poloviční. To je výhodné pro měření malých napětí, protože při zajištění daného rozsahu je zesílení vstupního operačního zesilovače poloviční.

V dalším popisu budeme vždy uvažovat pouze první dva způsoby zapojení propojky, tj. předpokládáme pro plný rozsah měření výstupní napětí zesilovače v rozsahu $0 \div 5.0548V$ a tomu odpovídající referenční napětí $U_{ref} = 2.528V$. Na patci pro odporové sítě je vyvedeno dvojnásobné referenční napětí $U_{ref5} = 2 \cdot U_{ref} = 5.056$.

V unipolárním zapojení je tedy rozsah měření od 0 do $2 \cdot U_{ref} \cdot 4095/4096 = 5.0548V$, v bipolárním

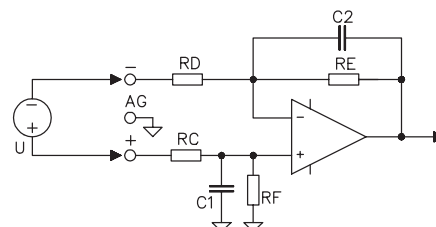
od $-2 \cdot U_{ref}/2$ do $2 \cdot U_{ref} \cdot 2047/4096$, tj. od $-2.528V$ do $+2.527V$. Rozlišovací schopnost měření je na obou rozsazích shodná a činí 1.2344 mV/bit (tuto hodnotu je možno vyjádřit jako celočíselný zlomek 79/64). Pro vztah vstupního napětí převodníku (tj. výstupního napětí vstupního zesilovače) a binární hodnoty M platí:

$$U = \frac{2 \cdot U_{ref}}{4096} \cdot M; \quad U = \frac{5056}{4096} \cdot M = \frac{79}{64} \cdot M \quad [mV]$$

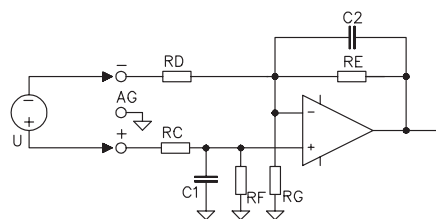
Konkrétní převod vstupní měřené hodnoty na číselný údaj závisí na konfiguraci vstupu příslušným typem odporové sítě. Odporové sítě upravují vstupní zesilovač takovým způsobem, aby výstupní napětí operačního zesilovače odpovídalo základnímu rozsahu měření převodníku.

14.5.1 Měření napětí

Při měření napětí je vstupní zesilovač zapojen jako diferenciální napěťový zesilovač. Invertující i neinvertující vstupy jsou vyvedeny na vstupní svorky, odpory v konfigurační síti určují zesílení a



Obr. 13.9 Vstupní obvod s odporovou sítí AIPU



Obr. 13.10 Vstupní obvod s odporovou sítí AIPV

Typ odporové sítě	Vstupní napětí pro max. rozsah měření		Zesílení oper. zes.	Dovolené napětí vstupů proti AGND	Rozlišení na 1 bit	Vstupní odpor dif. [kΩ]	Vstupní odpor proti zemi [kΩ] inv./neinv.
	unipolární	bipolární					
AIPU-0x	0 ÷ 20.219 V	-10.112 V ÷ +10.107 V	0.25	±40 V	4.938 mV	1440	720/900
AIPU-1x	0 ÷ 10.110 V	-5.0560 V ÷ +5.0535 V	0.5	±25 V	2.469 mV	720	360/540
AIPU-2x	0 ÷ 5.0548 V	-2.5280 V ÷ +2.5268 V	1	±15 V	1.234 mV	360	180/380
AIPU-3x	0 ÷ 2.0219 V	-1.2640 V ÷ +1.2634 V	2	±10 V	493.8 V	144	72/252
AIPU-4x	0 ÷ 1.0110 V	-505.60 mV ÷ +505.35 mV	5	±10 V	246.9 V	72	36/216
AIPU-5x	0 ÷ 505.48 mV	-252.80 mV ÷ +252.68 mV	10	±10 V	123.4 V	36	18/198
AIPU-6x	0 ÷ 202.19 mV	-101.12 mV ÷ +101.07 mV	20	±10 V	49.38 V	14.4	7.2/187
AIPU-7x	0 ÷ 101.10 mV	-50.535 mV ÷ +50.560 mV	50	±10 V	24.69 V	7.2	3.6/184
AIPU-8x	0 ÷ 50.548 mV	-25.280 mV ÷ 25.268 mV	100	±10 V	12.34 V	3.6	1.8/182

Typ odporové sítě	Vstupní napětí pro maximální rozsah měření		Zesílení oper. zes.	Dovolené napětí vstupů proti AGND	Rozlišení na 1 bit	Vstupní odpor dif. [kΩ]	Vstupní odpor proti zemi [kΩ] inv./neinv.
	unipolární	bipolární					
AIPV-0x	0 ÷ 20.219 V	-10.112 V ÷ +10.107 V	9.18	±300V	4.938 mV	1440	720/739
AIPV-1x	0 ÷ 10.110 V	-5.0560 V ÷ +5.0535 V	9.18	±200V	2.469 mV	360	360/379
AIPV-2x	0 ÷ 5.0548 V	-2.5280 V ÷ +2.5268 V	9.18	±100V	1.234 mV	180	180/199

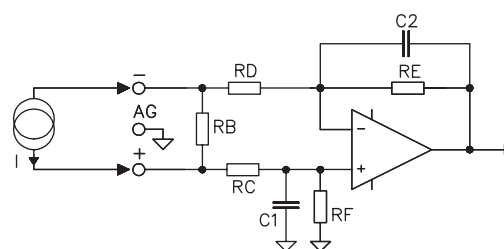
x v objednacím čísle určuje tlumení: 0 - bez tlumení (kondenzátory nejsou osazeny)
1 - filtr s časovou konstantou cca 0.1ms
2 - filtr s časovou konstantou cca 10 ms

Vstupní rozsahy pro odporové sítě AIPU a AIPV

vstupní odpor obvodu. Pro měření je možné použít konfigurační odporové sítě typu AIPU nebo AIPV. Odpovídající zapojení vstupního obvodu pro oba typy odporových sítí je na obrázcích 13. 9 a 13. 10.

Zapojení je v obou případech obdobné. Vstup s odporovou sítí AIPV má navíc odporový dělič i v invertujícím vstupu, což umožňuje zvětšit posunutí vstupního signálu vzhledem ke společné analogové zemi za cenu mírného zvýšení offsetu (větší zesílení operačního zesilovače). Kondenzátory C1 a C2 omezují kmitočtový rozsah vstupního zesilovače a slouží k omezení případných rušivých impulsů při měření pomalých signálů.

Při návrhu vlastní operační sítě musí být vyvážené oba vstupy operačního zesilovače. Pro zapojení dle obr. 13.9 musí být $R_C = R_D$ a $R_E = R_F$. Pro zapojení dle obr. 10 musí být $R_C = R_D$ a $R_F = R_E \parallel R_G$ (paralelní kombinace). Výstupní napětí operačního zesilovače bude:



Obr. 13.11 Měření proudu s odporovou sítí AIPU

$$U_{\text{výst}} = \frac{R_E}{R_D} (U_+ \pm U_{\pm});$$

S použitím vztahu pro výstupní napětí zesilovače a binární hodnotu:

$$U_+ \pm U_{\pm} = \frac{79}{64} \cdot \frac{R_D}{R_E} \cdot M \quad [\text{mV}]$$

Pro plné využití měřicího rozsahu se zesílení volí tak, aby na plném rozsahu (tj. při maximálním

Typ	Vstupní napětí pro max. rozsah měření		Zesílení operač. zesilovače	Rozlišení na 1 bit	Dovolené napětí vstupů proti AGND	Snímací odpor [Ω]
	unipolární	bipolární				
AIPU-0x	0 ÷ 40.448 mA	-20.224 mA ÷ +20.214 mA	1	9.875 A	±15 V	125
AIPU-1x	0 ÷ 20.219 mA	-10.112 mA ÷ +10.107 mA	2	4.938 A	±15 V	125
AIPU-2x	0 ÷ 10.110 mA	-5.0560 mA ÷ +5.0535 mA	2	2.469 A	±10 V	250
AIPU-3x	0 ÷ 5.0548 mA	-2.5280 mA ÷ +2.5268 mA	4	1.234 A	±10 V	250
AIPU-900	0 ÷ 202.19 mA	-101.12 mA ÷ +101.07 mA	10	49.38 A	±15 V	2.5

x v objednacím čísle určuje tlumení: 0 - bez tlumení (kondenzátory nejsou osazeny)
1 - filtr s časovou konstantou cca 0.1ms
2 - filtr s časovou konstantou cca 10 ms

Vstupní rozsahy pro odporové sítě AIPU

vstupním napětí) bylo výstupní napětí přibližně rovno 5V. Přesné hodnoty napětí pro hranice rozsahu a rozlišovací schopnost na 1 bit se standardními odporovými sítěmi AIPU a AIPV jsou uvedeny v tabulkách.

14.5.2 Měření proudů

Měření proudu se provádí nepřímo měřením napěťového úbytku na snímacím odporu. Snímací odpor (standardně 125 nebo 250 Ω) je zapojen mezi vstupními svorkami '+' a '-'. Operační zesilovač pracuje jako diferenciální napěťový zesilovač. Odpor v konfigurační síti AIPI určují zesílení. Standardní odporové síť AIPI umožňují měření proudu do 40 mA. Pro měření větších proudů je nutno použít externí snímací odpor. Odpovídající zapojení vstupního obvodu je na obrázku 13.11. Kondenzátory C1 a C2 omezují kmitočtové pásmo vstupního obvodu a slouží k potlačení případných rušivých impulsů při měření pomalu se měnících signálů.

Při návrhu vlastní operační sítě musí být vyvážené oba vstupy operačního zesilovače, tj. $RC = RD$ a $RE = RF$. Zesílení operačního zesilovače je dáno poměrem $RE : RD$. Výstupní napětí operačního zesilovače bude:

$$U_{výst} = \frac{R_E}{R_D} (U_+ \pm U_-) = \frac{R_E}{R_D} \cdot R_B \cdot I$$

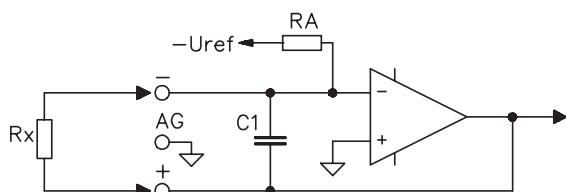
S využitím vztahu mezi výstupním napětím $U_{výst}$ operačního zesilovače a binární hodnoty M platí:

$$I = \frac{79}{64} \cdot \frac{R_D}{R_B \cdot R_E} \cdot M \quad [\text{mA}]$$

Pro plné využití měřicího rozsahu se zesílení volí tak, aby na plném rozsahu (tj. při maximálním měřeném proudu) bylo výstupní napětí přibližně rovno 5V. Přesné hodnoty napětí pro hranice rozsahu a rozlišovací schopnost na 1 bit se standardními odporovými sítěmi AIPI jsou uvedeny v tabulce.

14.5.3 Měření odporů

Měření odporu přímou metodou se provádí pomocí invertujícího zesilovače. V konfigurační síti je pouze odpor R_A který určuje rozsah měření. Odpovídající zapojení vstupního obvodu je na obrázku 13.12. Kondenzátor C1 slouží k omezení kmitočtového pásma vstupního obvodu a používá se k omezení případných rušivých impulsů.



Obr. 13.12 Měření odporu se sítí AIPR

Výstupní napětí zesilovače je úměrné velikosti odporu R_x :

$$U_{výst} = \frac{U_{ref}}{R_A} R_x$$

Při využití vztahu mezi výstupním napětím operačního zesilovače a binární hodnotou M platí:

$$R_x = \frac{R_A}{4096} \cdot M$$

Při návrhu vlastní operační sítě pro měření odporů nad 100 kΩ je možné uzemnit neinvertující vstup přes odpor o velikosti cca $RA/2$. Zesílení operačního zesilovače je maximálně 1 (při $R_x = RA$), takže vliv vstupních proudů a offsetu zesilovače je možné zanedbat. Minimální rozsah (tedy velikost R_A) je omezena zatížením zdroje referenčního napětí. Zdroj referenčního napětí je společný pro všech 8 vstupů jednotky a zaručuje výstupní proud max. 20 mA, Odporové síť jsou obvykle navrženy tak, aby odběr proudu ze zdroje referenčního napětí jednoho vstupního kanálu nepřesahoval 2 mA.

Přesné hodnoty napětí pro hranice rozsahu a rozlišovací schopnost na 1 bit se standardními odporovými sítěmi AIPR jsou uvedeny v následující tabulce.

Typ	Hodnota R_A [kΩ]	Rozsah měření [kΩ]	Rozlišení na 1 bit [Ω]	Měřicí proud
AIPR-0x	5.11	0 ÷ 5.1088	1.23	1mA
AIPR-1x	10.2	0 ÷ 10.198	2.47	500 A
AIPR-2x	26.1	0 ÷ 26.094	6.17	200 A
AIPR-3x	51.1	0 ÷ 51.088	12.3	100 A
AIPR-4x	102	0 ÷ 101.98	24.7	50 A

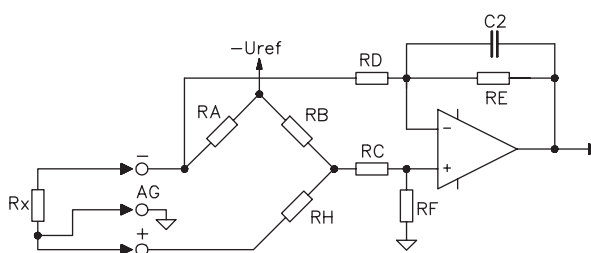
x v objednacím čísle určuje tlumení:

0 - bez tlumení (kondenzátory nejsou osazeny)

1 - kondenzátor 100nF paralelně k měřenému odporu

14.5.4 Měření odporů pasivním můstkem

Pro měření neelektrických veličin (teplota, tlak ap.) se používají nízkohmové odporové snímače. Při změně měřené veličiny dochází obvykle k velké změně odporu a proto je výhodné využít můstkové zapojení. Standardní zapojení s odporovou sítí typu AIPB je na obr. 13.13. Snímač (např. odporový teploměr Pt 100) je do můstku zapojen třídátovým zapojením, které umožňuje do jisté míry kompenzovat odpor přívodních vodičů sní-



Obr. 13.13 Měření odporu pasivním můstkem se sítí AIPB

Typ odporové sítě	Typ teploměru	Odporový rozsah		Teplotní rozsah		Koeficienty pro $R_x = \frac{A + B \cdot M}{C \pm M}$		
		R _{X0} [Ω]	R _{X4095} [Ω]	T ₀ [°C]	T ₄₀₉₅ [°C]	A	B	C
AIPB-00	Pt 100	82	159.904	-45.58	158.61	19394956	4375	236524
AIPB-01	Pt 100	82	199.663	-45.58	268.72	12929634	4375	157678
AIPB-02	Pt 100	100	158.600	0	155.08	29300093	4078	293001
AIPB-03	Pt 100	100	198.341	0	264.47	18861639	4375	188616
AIPB-04	Pt 100	100	248.795	0	408.63	13563435	4719	135634
AIPB-05	Ni 1000	750	1505.59	-42.58	101.0	46766889	10000	62356
AIPB-06	Ni 1000	1000	1786.56	0.13	148.0	61363296	10000	61363
AIPB-07	Ni 1000	1000	2696.53	0.05	271.7	30646331	10000	30646
AIPB-08	Ni 1000	750	1279.79	-60.46	58.89	68800576	10588	91734
AIPB-09	Ni 1000	750	2173.75	-60.46	205.10	35030824	14066	46708
AIPB-10	Pt 100	82	140.77	-45.75	105.99	24102466	4078	293933
AIPB-11	Pt 100	16	121.74	-208.49	56.11	2841236	4464	177577
AIPB-12	Pt 100	56	141.57	-110.77	108.10	12342211	4464	220397
AIPB-13	Pt 100	62	120.28	-95.87	52.29	18288423	4078	294975
AIPB-14	Pt 1000	1000	1596.96	0	156.38	85268814	10833	85269
AIPB-15	Pt 1000	750	1575.14	-63.37	150.53	51703118	12316	68937

Vstupní rozsahy pro odporové sítě AIPB

mače. Odpor v horních větvích můstku určují měřící proud (u běžných odporových teploměrů Pt 100 obvykle 0.8÷1 mA). Rozdílové napětí můstku se zesiluje vyváženým diferenciálním zesilovačem. Výběrem R_H a zesílení diferenciálního zesilovače je stanoven počátek a rozsah měření odporu. Výstupní napětí operačního zesilovače se zvětšuje se zvětšováním odporu R_x , změna však není přesně lineární, neboť při zvětšování odporu R_x dochází ke zmenšení proudu větví můstku. Nelinearita závislosti výstupního napětí na změně odporu R_x závisí na poměru odporů R_A/R_x a poměrné změně R_x pro celý rozsah měření. Pro vyvážení obou vstupů operačního zesilovače musí být $R_C = R_D$ a $R_F = R_E$. Zesílení operačního zesilovače potom bude: $K = R_E / R_D$. Pro vyvážení můstku předpokládáme $R_B = R_A = R$. Odpor R určuje proud ve větvích můstku (a tedy také proud, procházející snímačem) a volí se s ohledem na ztrátový výkon na snímači. U odporových teploměrů velký proud způsobuje vyhřívání snímače a snížení přesnosti měření. Také je nutno brát ohled na zatížení zdroje referenčního napětí. Zvětšováním odporu R se zvětšuje linearita, ale pro zachování stejné citlivosti je nutno volit větší zesílení operačního zesilovače, což z druhé strany způsobuje zvětšení offsetu nuly. Odpor R_H určuje dolní hranici rozsahu pro unipolární výstupní napětí (při $R_x = R_H$ je $U_{výst} = 0$).

Pokud zanedbáme vstupní odpory ve vstupech operačního zesilovače (typ. 360kΩ), platí pro vztah výstupního napětí zesilovače a měřeného odporu:

$$U_{výst} = \left(\frac{R_x}{R + R_x} \pm \frac{R_H}{R + R_H} \right) \cdot K \cdot U_{ref}$$

$$R_x = \frac{K \cdot U_{ref} \cdot R_H + (R_H + R) \cdot U_{výst}}{K \cdot U_{ref} \pm \left(1 + \frac{R_H}{R} \right) \cdot U_{výst}}$$

Pro převod analogového výstupního napětí operačního zesilovače $U_{výst}$ na binární číslo M v unipolárním rozsahu platí:

$$U_{výst} = \frac{2 \cdot U_{ref}}{4096} \cdot M$$

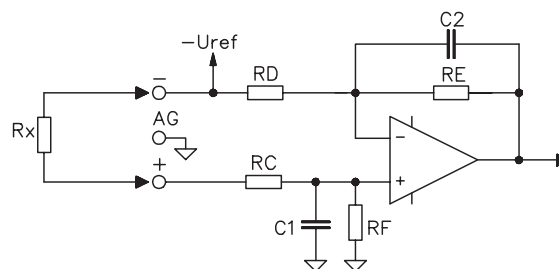
Měřený odpor můžeme tedy obecně vyjádřit jako:

$$R_x = \frac{A + M \cdot B}{C \pm M};$$

$$\text{kde: } A = \frac{R_H \cdot R \cdot K \cdot 4096}{R + R_H}; \quad B = R;$$

$$C = \frac{K \cdot R \cdot 4096}{R + R_H};$$

Ve skutečnosti však zanedbání odporů ve vstupech operačního zesilovače způsobuje chybu až 1% měřeného rozsahu. Výpočet koeficientů A, B,



Obr. 13.14 Měření odporu aktivním můstkem se sítí AIPA

C je potom podstatně složitější. Přesné koeficienty, počáteční a koncové hodnoty odporů a teplot pro standardní odporové sítě AIPB pro odporové teploměry Pt100 ($t_0=100\Omega$ a $t_{100}=138.5\Omega$) a Ni1000 (typ N1, $t_0=1000\Omega$ a $t_{100}=1500\Omega$) uvádí tabulka. Při menších nárocích na přesnost je možné celý výpočet odporu a následného převodu na teplotu nahradit lineární aproximací s využitím uvedených krajních teplot rozsahu. Chyba při tomto způsobu zpracování nepřesahuje 0.5%, protože nelinearitu můstkového zapojení poněkud vyrovnává nelinearita odporových teploměrů.

14.5.5 Měření odporů aktivním můstkem

Pokud se odpor snímače mění ve velkém rozsahu nebo není nutné třídrátové připojení snímače je možné použít zapojení s aktivním můstkem. Obvykle se používá pro snímání odporových vysílačů polohy. Výhodou této metody v porovnání s pasivním můstkem je větší linearita závislosti výstupního napětí zesilovače na měřeném odporu R_x . Zapojení je uvedeno na obrázku 13.14. Do série s měřeným odporem R_x je zapojen odpor R_C , jehož hodnota určuje spodní hranici měření. Rozsah měření je určen velikostí odporu R_D . Vlastní zesílení operačního zesilovače nemá velký vliv na rozsah měření. Zvětšování zesílení se zlepšuje linearita převodu, ale více se uplatňují vstupní proudy a napěťový drift operačního zesilovače.

Pro odporové vysílače se obvykle volí $R_C = R_D$. Výstupní napětí zesilovače je nulové při $R_x = 0$ a se zvětšováním odporu roste. Pro vyvážení zesilovače se volí $R_E = R_F = R$. Pro závislost výstupního napětí a odporu R_x platí:

$$U_{vyst} = \frac{R_E}{R_D} \cdot \frac{R_D \pm R_x \pm R_C}{R_E + R_x R_C} \cdot U_{ref}$$

$$R_x = \frac{\frac{R_E}{R_D} \cdot U_{ref} (R_D \pm R_C) + (R_E + R_C) \cdot U_{vyst}}{\frac{R_E}{R_D} \cdot U_{ref} \pm U_{vyst}}$$

Pro převod analogového výstupního napětí operačního zesilovače U_{vyst} na binární číslo M v unipolárním rozsahu platí: $U_{vyst} = \frac{2 \cdot U_{ref}}{4096} \cdot M$

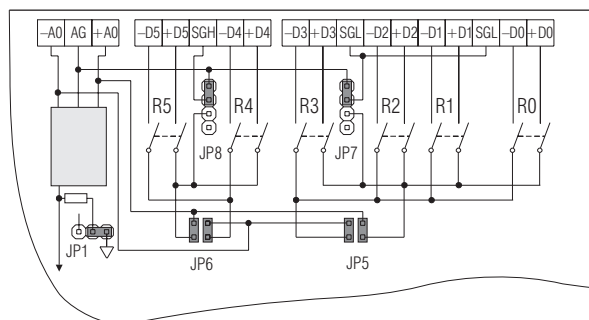
Měřený odpor můžeme tedy obecně vyjádřit jako:

$$R_x = \frac{A + M \cdot B}{C \pm M}, \quad \text{kde:}$$

$$A = 4096 \cdot \frac{R_E}{R_D} (R_D - R_C);$$

$$B = R_E + R_C; \quad C = 4096 \cdot \frac{R_E}{R_D}.$$

Pro standardní odporové sítě typu AIPA pro běžné odporové vysílače jsou koeficienty uvedeny v následující tabulce:



Obr. 13.15 Nastavení propojek pro přepínané analogové vstupy

typ odporové sítě	Odporový rozsah		Koeficienty pro $R_x = \frac{A + B \cdot M}{C \pm M}$		
	Rx0 [Ω]	Rx4095 [Ω]	A	B	C
AIPA-00	0	105.758	0	5702	224878
AIPA-01	0	134.155	0	8330	258263
AIPA-02	0	609.51	0	36590	249925

Při menších nárocích na přesnost je možné nahradit vztah pro výpočet odporu lineární závislostí, chyba bude menší než 0.4%.

14.5.6 Doplnkové relé pro přepínání analogových vstupů

Analogový vstup A0 může být přepínán s pomocí doplnkových relé na 2, 4 nebo 6 měřicích míst. Přepínané vstupy mají společnou odporovou síť na vstupu A0, mají tedy stejný typ i rozsah měření. Při vlastním přepínání je nutno dodržovat určitá pravidla. Analogový vstup by neměl zůstat nepřipojen - pokud jsou všechna relé R rozepnuta, může se vstupní operační zesilovač dostat do saturace a to může následně zkreslit údaje ostatních analogových vstupů. Při přepnutí na jin měřicí místo je nutno také vyčkat uklidnění analogové hodnoty s ohledem na tlumicí filtr obsažený v odporové síti. Zapojení propojek pro přepínání je uvedeno na obrázku 13.15.

14.5.7 Chyby měřicího řetězce

Pro posouzení celkové přesnosti převodu je nutno brát ohled na parametry jednotlivých členů analogového měřicího řetězce.

14.5.7.1 Nepřesnosti odporové sítě

Pro jednotlivé odpory konfiguračních odporových sítí jsou použity odpory Draloric SMA0207 s tolerancí 0.1%. V místech, kde je důležitý poměr nebo shoda odporů jsou jednotlivé odpory vybírány tak, aby s uvedenou tolerancí byla dodržena i shoda nebo poměr. Teplotní závislost odporů je 25 ppm/°C.

14.5.7.2 Operační zesilovač

Použité vstupní operační zesilovače OP07 mají následující parametry:

	typ.	max.
Napěťový drift při 25°C	60 V	150 V
Teplotní závislost driftu	0.5 V/°C	1.8 V/°C
Napěťový drift v tepl. rozsahu 0..70°C	85 V	250 V
Vstupní proud při 25°C	1.8nA	7nA
Teplotní závislost vst. proudu	18pA/°C	50pA/°C
Vst. proud v tepl. rozsahu 0..70°C	2.2nA	7nA
Vstupní proudová nesymetrie	0.8nA	6nA
Potlačení souhlasného signálu	120 dB	

Vliv uvedených veličin na přesnost měření závisí na konkrétním zapojení vstupního obvodu, především na zesílení a velikosti odporů zapojených do vstupů zesilovače. Při zesílení okolo 1 s odpory do 100kΩ je vliv napěťového driftu a vstupních proudů zcela zanedbatelný. Při zesílení 50 může u nevynulovaného zesilovače (standardní provedení jednotky) dosahovat chyba nuly až 0.3% rozsahu. Pokud je nastavena nula jednotlivých operačních zesilovačů, (musí být osazeny odporové trimry), pak chybu způsobuje pouze teplotní závislost driftu a vstupního proudu zesilovače. Nastavení nuly je vždy nutno provést s konkrétním typem konfigurační odporové sítě.

14.5.7.3 Chyby A/D převodníku

(údaje platí pro celý teplotní rozsah)	max.
Integrovaná nelinearita	±1 LSB
Offsetová chyba	±2 LSB
Chyba rozsahu	±2.5 LSB
Vzájemné ovlivňování kanálů	-80 dB

Nastavení nuly převodníku u standardních jednotek je provedeno tak, aby součet driftů nuly všech kanálů v bipolárním režimu byl přibližně nulový.

14.5.7.4 Chyba referenčního napětí

Zdroj referenčního napětí je součástí obvodu převodníku. Referenční napětí je nastaveno na požadovanou hodnotu s přesností 0.05%. Vliv vnějšího zesilovače referenčního napětí je vzhledem k zesílení 1 a minimálním impedancím ve vstupních obvodech zcela zanedbatelný. Teplotní součinitel referenčního napětí je 25 ppm/°C.

Vliv referenčního napětí se uplatňuje pouze u měření napětí nebo proudu. U měření odporu je použitím stejného napětí k napájení měřícího obvodu (můstku) i jako zdroj opěrného napětí pro aproximační převodník tento vliv zcela kompenzován.

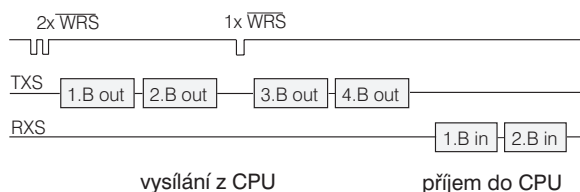
14.6 Programová obsluha

14.6.1 Přímá programová obsluha

Pro připojení jednotky synchronním sériovým rozhraním se používá zjednodušený formát komunikace. Komunikační protokol neobsahuje kontrolní CRC znak a umožňuje jednodušší a rychlejší obsluhu. Přenos dat se provádí oběma směry. Použitý formát komunikace umožňuje na jednom synchronním kanálu provozovat současně jak sériový expandér, tak sériové periferní jednotky. Hlavička komunikační relace (viz obr. 13.16) obsahuje 2 pulsy \overline{WRS} , 2 byty a ukončovací puls hlavičky \overline{WRS} . Byty hlavičky obsahují typ jednotky, její adresu na sériové sběrnici a typ požadované operace:

	7	6	5	4	3	2	1	0
1. byte out	1	1	0	0	ADRESA S			
					adresa jednotky na sériové sběrnici (0÷15)			
2. byte out	ENB	0	0	0	0	0	1	0
	rezervováno		určuje typ jednotky PCIO-01					
	povolení relé							

Bit 7 1. bytu identifikuje speciální formát komunikace, bity 6,5 a 4 určují kód prováděné operace, bity ADRESA_S označují adresu jednotky na sé-



Obr. 13.16 Cyklus obsluhy jednotky PCIO

riové sběrnici. Bit ENB 2. bytu ovládá globální povolení jednotky, bity 4÷6 jsou vyhrazeny pro další rozšíření a bity 3÷0 určují konkrétní typ jednotky a tím i počet a formát dalších zasílaných nebo čtených bytů. Ukončení hlavičky se provede jedním pulsem \overline{WRS} .

Po hlavičce následují dva zápisové byty:

	7	6	5	4	3	2	1	0
3. byte out	Y7	Y6	Y5	Y4	Y3	Y2	Y1	Y0
	požadovaný stav výstupních relé Y							
4. byte out	AC1	AC0	R5	R4	R3	R2	R1	R0
	požadovaný stav relé R							
	číslo kanálu AD převodníku pro další čtení							

Byte 3 určuje stav relé Y, bity 5÷0 bytu 4 určují stav relé R (sepnutí relé je podmíněno jedničkou v bity ENB bytu 2).

Bity 6 a 7 bytu 4 (AC0, AC1) určují kanál AD převodníku pro příští komunikační cyklus, hodnota AD této komunikační relace bude odpovídat kanálu, nastavenému v minulé komunikační relaci.

Ihned po zápisu následují dva byty čtení, které obsahují informaci o stavu vstupů X a hodnotu z AD převodníku:

	7	6	5	4	3	2	1	0
1. byte in	A8	A9	A10	A11	X3	X2	X1	X0
	hodnota AD				stav vstupů X			
	7	6	5	4	3	2	1	0
2. byte in	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
	hodnota AD							

14.6.2 Obsluha funkcemi knihovny

■ `int pcio_init(int speed);`

Funkce inicializuje sériovou sběrnici a nastavuje komunikační rychlost podle následující tabulky:

speed	komunikační rychlost kb/s		doba vykonání funkce pcio [ms]	
	9 MHz	12 MHz	9 MHz	12 MHz
0	460,8	614,4	0,35	0,26
1	230,4	307,2	0,4	0,3
2	115,2	153,6	0,65	0,49
3	57,6	76,8	1,1	0,82
4	28,8	38,4	2	1,5
5	14,4	19,2	4	3
6	7,2	9,6	7,5	5,6

■ `void pcio(int adr, int enb, int y, int r, int ac, int *adin, char *bin);`

kde :

`pcioadr` je adresa jednotky na sériové sběrnici 0÷15 (adresy PCIO se mohou překrývat s adresami jednotek jiného typu nebo sériových expanderů).

`enb` 0 zakazuje, nenulová hodnota povoluje sepnutí výstupních relé Y a R

`y` požadovaný stav výstupních relé Y

`r` požadovaný stav doplňkových relé R

`ac` adresa analogového kanálu (0÷3) pro příští čtení analogové hodnoty

`adin` pointer na proměnnou, kam bude uložena analogová hodnota kanálu, nastaveného v minulé komunikační relaci

`bin` pointer na proměnnou, kam bude uložen stav binárních vstupů (bity 0÷3 odpovídají vstupům X0÷X3).

14.7 Technické údaje

Napájecí napětí	10÷12V
Proudový odběr max	400 mA
Rozsah pracovních teplot	-10÷+50°C

Logické vstupy X

Celkový počet vstupů	4
Vstupní napětí pracovní	
log 0 max	3V
log 1 min	15V
log 1 typ	24V
log 1 max	30V
Maximální vstupní napětí krátkodobě (1s)	40V
Zpoždění log 0÷log 1	20 s
log 1÷log 0	0.4ms
Izolační pevnost GO	2500V AC / 1 min

Logické výstupy Y

Počet reléových kontaktů	8
Kontakt relé	~250V / 8A
Doba sepnutí/rozepnutí relé	9/12ms
Mechanická životnost kontaktu	20.10 ⁶
Elektrická životnost kontaktu (2A)	2.10 ⁵
Max. dovolený proud výstupů	5A

Izolační pevnost GO	5 kV AC / 1 min
---------------------	-----------------

Doplňková relé R

Počet relé	6
Kontakty relé	~100 V / 500 mA
Přechodový odpor	185 mΩ
Mechanická životnost kontaktů	200.10 ⁶
Elektrická životnost kontaktů (100mA)	2.10 ⁶
Izolační pevnost GO	500 V AC / 1 min

Analogové vstupy

Celkový počet vstupů	4 nebo 3+6 přepínaných
Rozlišení	12 bitů
Rozsah měření se stand. odporovými sítěmi:	
napětí 25mV . . 20V, proud 5 . . 40mA, odpor 100Ω . . 100kΩ	
přímé měření odporových čidel	Pt100, Ni1000
Offset nuly vstupního zesilovače (typ)	80 V
Max. offset v celém teplotním rozsahu	350 V
Offset nuly AD převodníku	±1 LSB
Celková přesnost převodu	0.2% měřené hodnoty

|