

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra měřicí a řídicí techniky

**Návrh a realizace řídicích nástrojů pro spojitou
regulaci chemického procesu**

Ostrava, 2008

Marián Mikula

Prohlášení

*Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.*

.....
Marián Mikula

Datum odevzdání diplomové práce: 9. 5. 2008

Poděkování

Chtěl bych touto cestou velmi poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Jiřímu Kotzianovi Ph.D za cenné rady, konzultace a připomínky spojené s vypracováním mého úkolu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá řízením spojitě regulace chemického procesu. Představuje technologický proces výroby chemických kapalin vznikajících jako směs dvou kapalin, resp. ředění jedné kapaliny jinou. Úloha je vybavena elektronickým distribuovaným řídicím systémem a mechanickými součástmi. Distribuovaný řídicí systém je složen z vývojových modulů EVB vyvinutých v laboratoři MTVC a doplněn o moduly pro měření výšky hladiny kapaliny v nádržích.

Klíčová slova

Mikrokontrolér M68HC912BC32, Sběrnice CAN, PWM, Vývojové prostředí IDE Metrowerks CodeWarrior for HC12. Elektrický pohon, Spojité akční členy

The abstract

This bachelor work deals with the management of the continuous regulation of chemical process. It presents the technological process of the production of chemical liquids which are rising as the mixture of two liquids or dilution of one liquid by the other one. The work is equipped by the electronic distributed direction system and mechanical components. The distributed direction system consists of the developmental modules EVB that were developed in the laboratory MTVC and completed with the modules for measuring heighth of the liquid level in containers.

Keywords

Microcontroller M68HC912BC32, Bus CAN, PWM modulation, Development environment IDE Metrowerks CodeWarrior for HC12, Electromotoric actuator, Actuating unit

Seznam použitých symbolů a zkratek

C – Vyšší programovací jazyk pro programování mikroprocesorů a mikrokontrolérů

CAN – (Controller area network) Sběrnice využívaná v automobilové diagnostice.

EvbHC12 – Mikroprocesorový modul od firmy Freescale

LM 324 – 4-násobný operační zesilovač

PWM – (Pulse Width Modulation) Pulzně šířková modulace

SMD – Miniaturizované součástky pro povrchovou montáž (surface mount device)

SSP61 – Elektrický pohon pro ventil

VVP47.10 – Ventil

Obsah

1	ÚVOD.....	1
2	SOUČASNÝ STAV SYSTÉMU.....	2
2.1	SLOŽENÍ ÚLOHY.....	4
2.2	FUNKCE KLÁVESNICE.....	4
3	CÍLE.....	5
4	POUŽITÉ NÁSTROJE.....	6
4.1	MIKROŘADIČE FREESCALE.....	6
4.1.1	<i>Mikrořadič M68HC912BC32.....</i>	<i>7</i>
4.2	VÝVOJOVÁ DESKA EVBHCS12.....	9
4.3	SBĚRNICE CAN.....	10
4.3.1	<i>Základní vlastnosti protokolu CAN.....</i>	<i>11</i>
4.3.2	<i>Fyzické médium a fyzická vrstva.....</i>	<i>12</i>
4.3.3	<i>Linková vrstva protokolu CAN.....</i>	<i>13</i>
4.3.4	<i>Základní typy zpráv.....</i>	<i>15</i>
4.4	SPOJITÉ AKČNÍ ČLENY.....	19
4.4.1	<i>Elektrický pohon SSP61.....</i>	<i>20</i>
4.4.2	<i>Ventil VVP47.10.....</i>	<i>23</i>
4.5	FORMICA.....	25
4.5.1	<i>Formica schematic editor.....</i>	<i>25</i>
4.5.2	<i>Formica Lnout.....</i>	<i>25</i>
5	NÁVRH ŘÍDICÍHO MODULU.....	26
5.1	RUTINY V JAZYCE C.....	26
6	NÁVRH SCHÉMA ZAPOJENÍ.....	27
7	NÁVRH DESKY PLOŠNÉHO SPOJE.....	29
7.1	OVĚŘENÍ SPRÁVNOSTI ZAPOJENÍ.....	29
7.2	VOLBA TLOUŠŤKY ČÁR A PÁJECÍCH BODŮ.....	29
7.3	KONSTRUKČNÍ ČÁST A OŽIVENÍ DESKY.....	29
8	ZÁVĚR.....	30
9	POUŽITÁ LITERATURA.....	31
10	SEZNAM PŘÍLOH.....	32

1 Úvod

Automatizace a řízení systémů je v současnosti široký obor s mnoha produkty a různými oblastmi jejich využití. Samotná automatizace představuje kompletní použití řídicích systémů.

Úloha řízení spojitě regulace chemického procesu spadá do procesu automatizace a řízení. V současnosti má široké uplatnění v různých oblastech průmyslu, jak chemické tak i potravinářském. O cílech této úlohy je pojednáno v třetí kapitole.

Při návrhu úlohy ředění byli použité nástroje, které popisuje kapitola 4. Jedním ze způsobů jak ovládat elektrický pohon ventilu je pomocí jednočipového mikropočítače (dále jen mikrořadiče). Na trhu je mnoho producentů mikrořadičů, ale firma Motorola (nyní Freescale) si vydobyla významné místo širokou paletou a kvalitou svých produktů. Jedním z nich je i mikrořadič M68HC912BC32, který se zabývá kapitola 4.1. Tenhle mikrořadič je umístěn na vývojové desce EvbHC12, která je určena zejména pro studijní účely a je popsána v kapitole 4.2

V úloze ředění jsou použité 3 mikrořadiče, jeden řídicí a další dva pro sledování výšky hladiny v nádržích. Komunikaci mezi nimi je zabezpečena pomocí sběrnice CAN. Popisem této komunikace v sobě zahrnuje kapitola 4.3

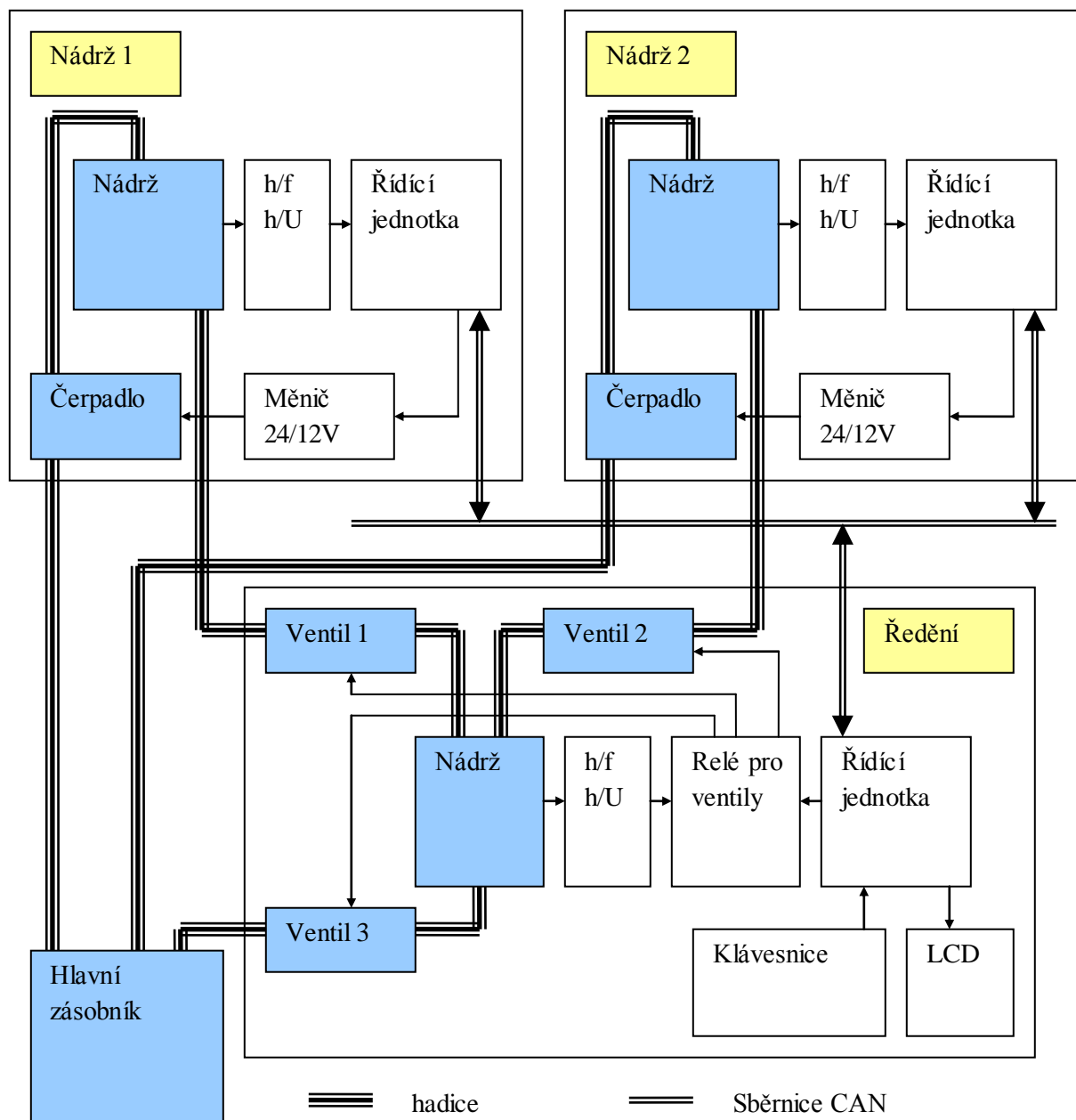
Spojitě akční členy, kterých úkolem je regulovat průtok kapaliny a její ředění jinou kapalinou jsou popsány v podkapitole 4.4.

Pátá, šestá a sedmá kapitola popisuje způsob návrhu ovládacího modulu. Poslední osmá kapitola obsahuje zhodnocení dosažených výsledků a pohled na další vývoj projektu.

2 Současný stav systému

Model se skládá ze dvou plastových nádrží Škoda 105, ve kterých je skladována kapalina pro vytvoření koncentráту. Při každé nádobě je umístěn modul EvbHC12, který snímá výšku hladiny v nádobách přes modul pro snímání úrovně hladiny. Moduly EvbHC12 komunikují s hlavním modulem přes sběrnici CAN a jsou hlavnímu modulu podřízeni. Z těchto nádrží jsou vyvedeny hadice, které přes elektromagnetický ventil EVPE 2015. *1 24V končí v nádobě míchače. Tito elektromagnetické ventily jsou řízeny přes měniče 24/12V z hlavního modulu EvbHC12. Nádobu míchače je plastová obměrná nádoba o obsahu 1 litr, ve kterém je modul pro měření úrovně hladiny. Informace o výšce hladiny je snímána hlavním modulem EvbHC12 přes modul kapacita. Na dně nádoby míchače je vyvedena hadice pro vypouštění vody. Hadice vede přes elektromagnetický ventil EVPE 2015. *1 24V do sběrné nádoby. Elektromagnetický ventil je řízen přes modul relé z hlavního modulu EvbHC12. Ze sběrné nádoby je pak kapalina přečerpávána zpět do plastových nádrží Škoda 105 přes vodní čerpadla ostřikovačů Škoda Favorit. Tito čerpadla jsou řízeny ze dvou podřízených modulů EvbHC12. [2]

Na hlavní modul EvbHC12 jsou dále připojeny display, na kterém jsou zobrazeny všechny důležité informace o stavech hladin v nádržích, a klávesnice, která slouží jako vstup všech řídicích povelů pro celý model míchače.



Obr. 1: Blokové schéma modelu

2.1 Složení úlohy

Vývojové moduly:

- 3 x modul EvbHC12
- 2 x modul SpZdroj
- 3 x modul Kapacita
- 1 x modul Display
- 1 x modul Kláves
- 1 x modul Relé

Ovládací součásti:

- 2 x elektromagnetický ventil EVPE 2015. *1 24V=
- 2 x čerpadlo ostřikovačů Škoda Favorit
- 2 x plastová nádrž Škoda 105
- 1 x ředící nádrž
- 1 x skleněný zásobník

Další součásti:

- 1 x programovací rozhraní BDM Multilink
- 1 x osobní počítač vybavený IDE Metrowerks CodeWarrior for HC12 Academic Edition
- 1 x Spínaný zdroj 230V / 24V 4A
- 1 x Spínaný zdroj 0-30V / 15V 3A

2.2 Funkce klávesnice

- 1/4 – zapni/vypni čerpadlo nádrže 1
- 2/5 – zapni/vypni čerpadlo nádrže 2
- 7/* – otevři/zavři ventil vypouštění nádrže 1
- 8/0 – otevři/zavři ventil vypouštění nádrže 2
- 9/# – otevři/zavři ventil vypouštění nádrže ředění 1
- A – vyžádej stav nádrže 1
- B – vyžádej stav nádrže 2

3 Cíle

Cílem projektu je vytvoření řídicího modulu pro elektrický pohon SSP61, který bude spojitě regulovat ventil VVP47.10, čím se plně zautomatizuje proces ředění pro vytvoření koncentráту daného poměru obou složek. Ovládací modul bude převádět PWM signál na spojitý a dále ho zesilňovat na požadovanou hodnotu řídicího signálu pro elektrický pohon. Jeho dalším úkolem je ovládat elektromagnetický ventil, určen pro vypouštění kapaliny z nádoby míchače. Automatizovaný systém se bude řídit povely z klávesnice a to formou číselné informace o žádané koncentraci a množství koncentráту, přičemž zůstane zachována i možnost přepnutí do původního manuálního módu, ve kterém se ventily a čerpadla přímo spouštějí příslušnými tlačítky na klávesnici. Na LCD displeji se bude zobrazovat, aktuální mód systému (automaticky nebo manuálně) a dále pak koncentrace kapalin z nádrží.

4 Použité nástroje

V téhle kapitole jsou popsány všechny nástroje, které byli potřebné k realizaci úlohy.

4.1 Mikrořadiče Freescale

Na trhu existuje velké množství výrobců produkující mikrořadiče, ale postupem času se některé staly úspěšnější než ostatní. V Evropě se takto prosadily zejména firmy Intel, Atmel, Motorola (nyní Freescale), Microchip a Zilog. Dá se říci, že firma Freescale je jednou z nejrozšířenějších firem na trhu a nabízí pravděpodobně nejširší rozsah svých produktů, od snímačů počínaje, po mikroprocesory a mikrořadiče konče. [8]

Předností při použití mikrokontrolérů před používáním mikroprocesorů je jejich:

- Vysoká spolehlivost (např. jejich odolnost proti vysokým a nízkým teplotám, proti nárazům, přizpůsobením proti možným výpadkům napájení atd.)
- Malá spotřeba (důležité u přístrojů na baterie - např. dálkové ovládání, přenosné měřicí přístroje atd.)
- Práce v reálném čase
- Malé rozměry

Firma Motorola, jež je výrobcem těchto mikrokontrolérů, se věnuje výrobou a vývojem mikročipů již několik let. Svou pozici na trhu mikrokontrolérů si upevnila zvláště 8 bitovým typem M68HC11, který se stal ve světě nejrozšířenější. O několik let později přišla firma Motorola s 16 bitovou řadou pod označením 68HC12 a díky velkému úspěchu s předchozí M68HC11, se firma snažila dodržet co možná nejvíce společných prvků mezi M68HC11 a M68HC12. Výsledkem je mikrokontrolér, který má stejný programátorský model a je zachována zpětná kompatibilita programů na úrovni zdrojových textů. Navíc má tato řada mnoho nových instrukcí, zejména pro práci se 16-ti bitovými operandy. Novinkou tohoto mikrokontroléru jsou pak fuzzy instrukce, podporující tvorbu fuzzy regulátorů. [5]

Rodina mikrokontrolérů M68HC12 sestává v současnosti z několika základních typů (viz Tab.1).

Tab. 1. Přehled typů mikrokontrolérů rodiny 68HC12

Typ	ROM [KB]	RAM [KB]	EEPROM [Byte]	Flash [KB]	I/O	Sériová rozhraní	A/D [bit/kan.]	Nap. [V]	Max. vnitř. frekvence [MHz]
68HC12 A0	–	1	–	–	až 61	dual, SCI, SPI	8 / 8	5 3,3	8 5
68HC81 2A4	–	1	4K	–	až 91	dual, SCI, SPI	8 / 8	5 3,3	8 5
68HC91 2B32	–	1	768	32	až 63	SCI, SPI, J1850	8 / 10	5	8
68HC12 BE32	32	1	768	–	až 63	SCI, SPI, J1850	8 / 10	5	8
68HC91 2BC32	–	1	768	32	až 63	SCI, SPI, CAN	8 / 10	5	8
68HC91 2D60	–	2	1K	60	až 63	dual, SCI, SPI, CAN	16 / 10	5	8
68HC91 2DG128	–	8	2K	128	až 85	dual, SCI, SPI, I2C	16 / 10	5	8

4.1.1 Mikrořadič M68HC912BC32

- 16bit CPU:

- Zpětná kompatibilita

s M68HC11 instrukční tabulkou

- Ukládání interruptů a programátorský model stejný jako u M68HC11
- 20bit aritmetická logická jednotka (ALU)
- Instrukční font
- Rozšířené indexové adresování
- Instrukce fuzzy logic

- Multiplexní sběrnice:

- Jednočipová nebo rozšířená
- 16bit na 16bit nebo 16bit na 8bit zúžený model

- 8kanálový, 10bitový analogovo-číslicový převodník (ATD)

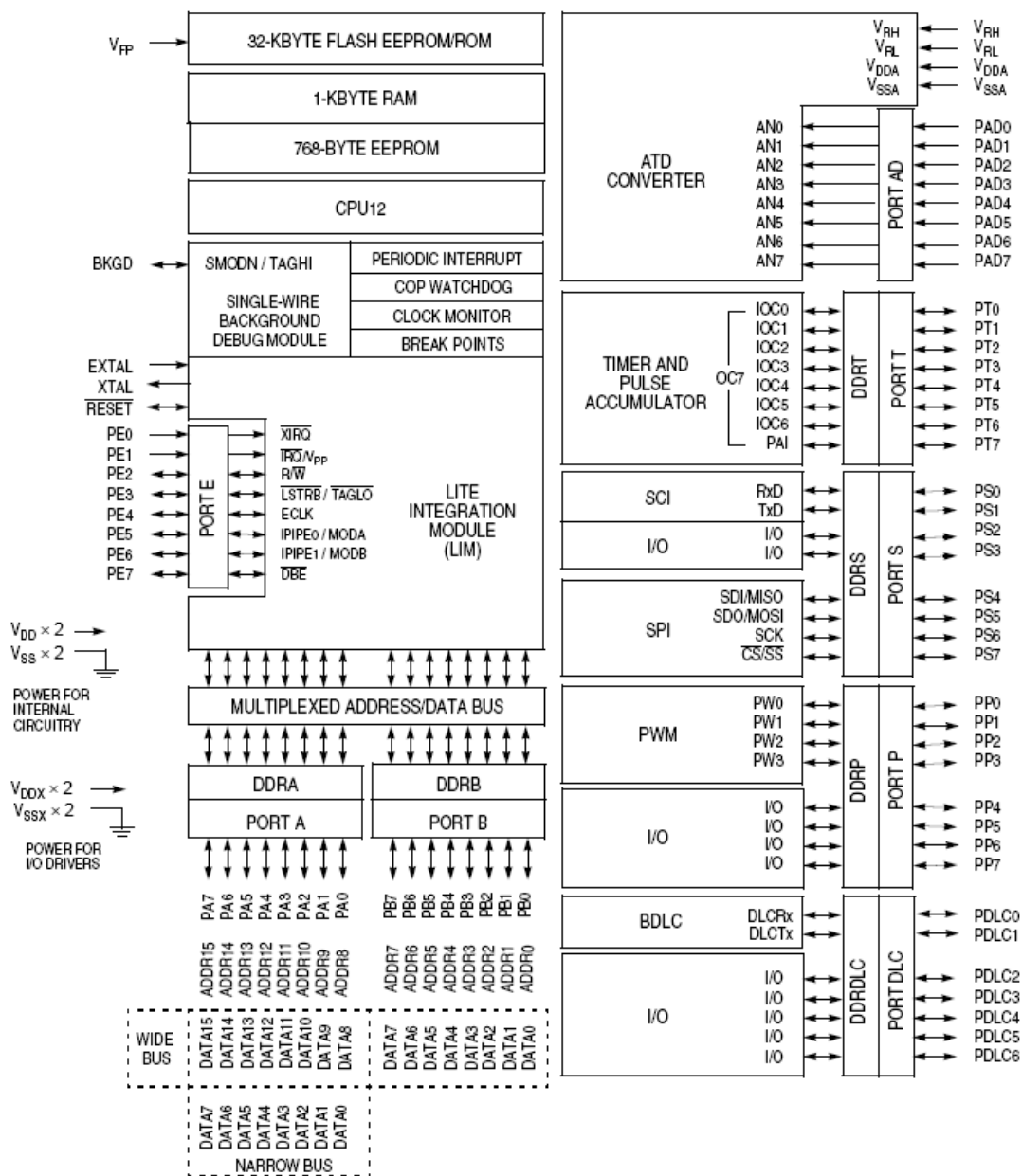
- 8kanálový standardní modul časovače (TIM) Každý kanál plně konfigurovatelný jako pro zachycení vstupního signálu nebo generování a tvarování výstupního signálu
- Mód jednoduchého pulsně šířkového modulátoru (PWM)

- Pulsně šířkový modulátor (PWM):

- 8bitový, 4-kanálový nebo 16-bitový, 2-kanálový
- Samostatné ovládání pro každého kanálu
- Programovatelné středem zarovnané nebo vlevo zarovnané výstupy

- Sériové rozhraní:
 - Rozhraní asynchronní sériové komunikace (SCI)
 - Rozhraní synchronní sériové komunikace (SPI)
 - J1850 byte data link komunikace (BDLC), jenom u MC68HC912B32 a MC68HC12BE32
 - CAN, jenom u MC68HC(9)12BC32
- Watchdog časovač, monitor hodin, přerušení při periodickém opakování
- Hardwarové body přerušení programu přímo v čipu

Mikrokontroléry HC12 Jsou založeny ze standardních periférií zabudovaných přímo v čipu. Všechni členové rodiny 9S12D (jiné označení řady HCS12D...) jsou vybaveni perifériemi standardně vyvíjenými firmou Motorola, zahrnující 16bitovou procesorovou jednotku (CPU12), až 512kB paměti FLASH, 14kB RAM, 4kB EEPROM, dvěma asynchronními sériovými komunikačními kanály (SCI), speciálním sériovým rozhraním SPI, sběrnici I²C, rozšířeným modulem časovače, dvěma 8kanálovými 10 bitovými AD převodníky, 8 kanálovým generátorem PWM a rozhraním CAN 2.0. Procesory mají vestavěný tzv. SIM (System Integration Module), který se stará o mapování prostředků, generování hodinového signálu, ovládání systému přerušení a přístupu na sběrnici. Procesory disponují 16 bitovou vnitřní sběrní, ale externí sběrnice může pracovat i v 8 bitovém módu, čímž umožní připojit i jednoduché a levné paměťové moduly. [5]



Obr.2: Blokové schéma mikrořadiče M68HC912BC32

4.2 Vývojová deska EvbHCS12

Vývojová deska EvbHC12 osazená mikrokontrolérem M68HC912BC32 byla vytvořena pro výuku programování tohoto mikrokontroléru a řízení připojovaných mode lů. Schéma zapojení je znázorněno v příloze I a II.

Pro připojení této desky k dalším modulem slouží pět portů :

- Port AD
- Port A
- Port B
- Port P
- Port T

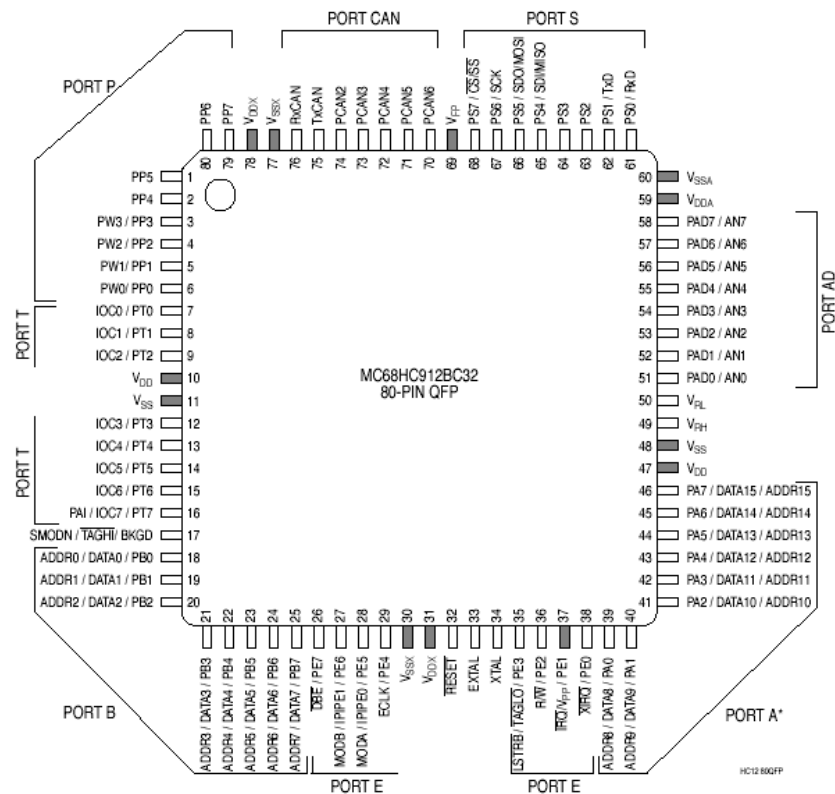
Všechny popisované porty jsou vyvedeny na přímých vidlicích PLS 10 s raménky zabraňujícími samovolnému vypadnutí konektoru.

Připojení portu AD není v této úloze realizováno.

Port B je využit pro připojení modulu display, který slouží jako výstupní periferie na zobrazení stavů hladin modelu a na zobrazení automatického nebo manuálního modu řízení.

Na Port T je připojen modul klávesnice, který slouží jako vstupní periferie na zadávání příkazů.

Na Port P je připojen nově osazený modul převodníku signálu pulsne šířkové modulace na spojitý jednosměrný signál pro řízení servomechanizmu SSP61 a elektromagnetického ventilu.[8]



Obr. 3: Rozmístění vývodu M68HC912BC32

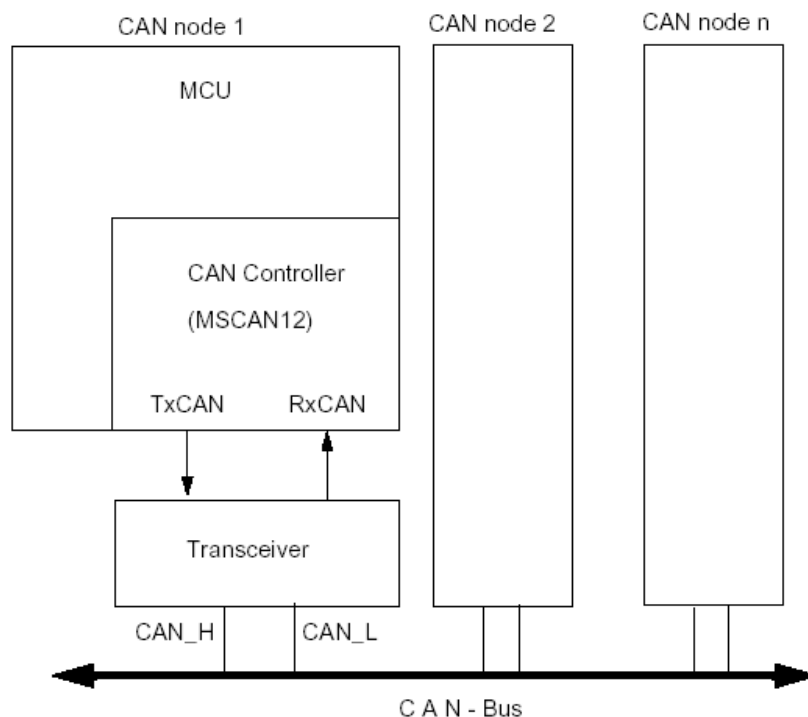
4.3 Sběrnice CAN

Controller Area Network (CAN) je sériový komunikační protokol, který byl původně vyvinut firmou Bosch pro nasazení v automobilech. Vzhledem k tomu, že přední výrobci integrovaných obvodů implementovali podporu protokolu CAN do svých produktů, dochází ke stále častějšímu využívání tohoto protokolu i v různých průmyslových aplikacích. Důvodem je především nízká cena, snadné nasazení, spolehlivost, vysoká přenosová rychlost, snadná rozšiřitelnost a dostupnost potřebné součástkové základny.

V současné době má protokol CAN své pevné místo mezi ostatními fieldbusy a je definován normou ISO 11898. Ta popisuje fyzickou vrstvu protokolu a specifikaci CAN 2.0A. Později byla ještě vytvořena specifikace CAN 2.0B, která zavádí dva pojmy - standardní a rozšířený formát zprávy (lišící se v délce identifikátoru zprávy). Tyto dokumenty definují pouze fyzickou a linkovou vrstvu protokolu podle referenčního modelu ISO/OSI. Aplikační vrstva protokolu CAN je definována několika vzájemně nekompatibilními standardy (CAL, CANopen, DeviceNet, CAN Kingdom).

Komplexnost využívaných funkcí implementovaných v nejrůznějších systémech si vynutila potřebu vzájemné komunikace mezi těmito systémy. V konvenčních systémech je pro každý přenášený signál vyhrazena jedinečná přenosová linka, což se ale pro velký počet přenášených signálů stává z finančního hlediska neúnosné. Navíc to přináší mnohé komplikace vyplývající z takto vysokého počtu vodičů určených pro přenos dat.

Veškeré jednotky, které mají potřebu komunikovat ať už mezi sebou, či s jednotlivými senzory zajišťujícími sběr informací jsou propojeny navzájem právě pomocí sběrnice CAN. Účelem použití této sběrnice v průmyslu je zajištění komunikace mezi jednotlivými jednotkami tak, aby nedocházelo k velkému zatížení centrálního procesoru. [7]



Obr.4: Systém CAN

4.3.1 Základní vlastnosti protokolu CAN

CAN je sériový komunikační protokol umožňující distribuované řízení systémů v reálném čase s vysokou mírou zabezpečení proti chybám. Jedná se o protokol typu multi-master, kde každý uzel sběrnice může být master a řídit tak chování jiných uzlů. Není tedy nutné řídit celou síť z jednoho nadřazeného uzlu, což přináší zjednodušení řízení a zvyšuje spolehlivost (při poruše jednoho uzlu může zbytek sítě pracovat dál). Pro řízení přístupu k médium je použita sběrnice s náhodným přístupem, která řeší kolize na základě prioritního rozhodování. Po sběrnici probíhá komunikace mezi dvěma uzly pomocí zpráv (datová zpráva a žádost o data), a management sítě (signalizace chyb, pozastavení komunikace) je zajištěn pomocí dvou speciálních zpráv (chybové zprávy a zprávy o přetížení). [3]

Zprávy vysílané po sběrnici protokolem CAN neobsahují žádnou informaci o cílovém uzlu, kterému jsou určeny, a jsou přijímány všemi ostatními uzly připojenými ke sběrnici. Každá zpráva je uvozena identifikátorem, který udává význam přenášené zprávy a její prioritu. Protokol CAN zajišťuje, aby zpráva s vyšší prioritou byla v případě kolize dvou zpráv doručena přednostně a dále je možné na základě identifikátoru zajistit, aby uzel přijímal pouze ty zprávy, které se ho týkají.

Pro zajištění transparentnosti návrhu a flexibility implementace je sběrnice CAN rozdělena do tří rozdílných vrstev:

- CAN vrstvy objektů,
- CAN transportní vrstvy,
- fyzické vrstvy.

Vrstva objektů a transportní vrstva zahrnuje veškeré služby a funkce poskytované v rámci linkové vrstvy, tak jak je definována modelem ISO/OSI. Vrstva objektů je odpovědná za

- nalezení zprávy, která má být vyslána,
- rozhodnutí, které přijaté zprávy od transportní vrstvy mají být použity,
- poskytování rozhraní aplikační vrstvě související s hardwarem.

Úkolem transportní vrstvy je především přenosový protokol. Například řízení rámců, řízení, kontrola chyb, signalizace chyb. Uvnitř transportní vrstvy je rozhodnuto, zda je sběrnice volná pro nový přenos dat či naopak jejich příjem. Také několik obecných vlastností týkajících se časování bitů je svěřeno transportní vrstvě. Je možné prohlásit, že vzhledem k povaze transportní vrstvy zde není žádný prostor pro její modifikaci ze strany uživatele.

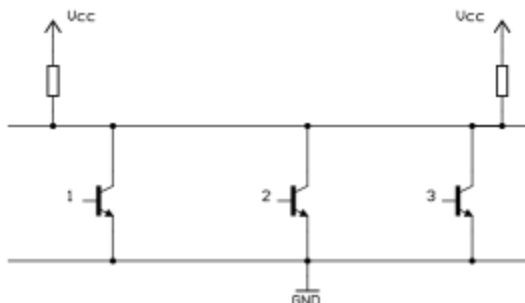
Úkolem fyzické vrstvy je vlastní přenos jednotlivých bitů mezi jednotlivými uzly s respektováním všech elektrických vlastností. Uvnitř jedné sítě má fyzická vrstva stejné parametry pro všechny uzly, nicméně je možné zvolit si její parametry tak, aby co nejlépe vyhovovaly dané aplikaci.

4.3.2 Fyzické médium a fyzická vrstva

Protokol CAN definuje vlastní rozhraní k fyzickému přenosovému médiumu a v tomto směru se odlišuje od modelu ISO/OSI. Na druhé straně jsou vlastnosti fyzické vrstvy velkou předností protokolu CAN. Základním požadavkem na fyzické přenosové médium protokolu CAN je, aby realizovalo funkci logického součinu. Za účelem zvýšení rychlosti a odolnosti proti rušení je účelné, aby spoj byl symetrický. Standard protokolu CAN definuje dvě vzájemně komplementární hodnoty bitů na sběrnici - dominant a recessive. Jedná se v podstatě o jakýsi zobecněný ekvivalent logických úrovní, jejichž hodnoty nejsou určeny a skutečná reprezentace záleží na konkrétní realizaci fyzické vrstvy.

Pravidla pro stav na sběrnici jsou jednoduchá a jednoznačná. Vysílají-li všechny uzly sběrnice recessive bit, pak na sběrnici je úroveň recessive. Vysílá-li alespoň jeden uzel dominant bit, je na sběrnici úroveň dominant. Příkladem může být optické vlákno, kde stavu dominant bude odpovídat

stav svítí a recessive stav nesvítí. Dalším příkladem může být sběrnice buzená hradly s otevřeným kolektorem (obr. 5), kde stavu dominant bude odpovídat logická nula na sběrnici a stavu recessive logická jednička. Pak, je-li jeden tranzistor sepnut, je na sběrnici úroveň logické nuly (dominant) a nezáleží již na tom, zda je či není sepnutý i nějaký jiný tranzistor. Pokud není sepnut žádný tranzistor, je na sběrnici úroveň logické jedničky (recessive). [3]



Obr. 5: Příklad realizace fyzické vrstvy protokolu CAN

Pro realizaci fyzického přenosového média se nejčastěji používá diferenciální sběrnice definovaná podle normy ISO 11898. Tato norma definuje jednak elektrické vlastnosti vysílače a přijímače tak zároveň principy časování, synchronizaci a kódování jednotlivých bitů. Sběrnici tvoří dva vodiče (označované CAN_H a CAN_L), kde dominant či recessive úroveň na sběrnici je definována rozdílovým napětím těchto dvou vodičů. Dle nominálních úrovní uvedených v normě je pro úroveň recessive velikost rozdílového napětí $V_{diff} = 0\text{ V}$ a pro úroveň dominant $V_{diff} = 2\text{ V}$. Pro eliminaci odrazů na vedení je sběrnice na obou koncích přizpůsobena zakončovacími odpory o velikosti $120\ \Omega$. Jednotlivá zařízení jsou na sběrnici připojena pomocí konektorů, nejčastěji jsou používány konektory D-SUB.



Obr. 6: Fyzické uspořádání sítě CAN podle ISO 11898

Ke sběrnici může být teoreticky připojen libovolný počet uzlů, ale prakticky s ohledem na zatížení sběrnice, je počet připojených uzlů podstatně nižší a uvádí se kolem 64 na segment. Rovněž přenosová rychlost 1 Mb/s je dosažitelná pouze na krátké vzdálenosti do 40 m a se vzdáleností prudce klesá, takže na $1,2\text{ km}$ činí asi 70 kb/s . Plyne to z původního poslání sběrnice CAN, která byla určena pro malé vzdálenosti.

4.3.3 Linková vrstva protokolu CAN

Tak jako v modelu ISO/OSI i v protokolu CAN je linková vrstva rozdělena na podvrstvi **LLC** a **MAC**:

- **MAC** (Medium Access Control) reprezentuje jádro protokolu CAN. Úkolem je provádět kódování dat, vkládat doplňkové bity do komunikace (Stuffing / Destuffing), řídit přístup všech uzlů k médiu s rozlišením priorit zpráv, detekce chyb a jejich hlášení a potvrzování správně přijatých zpráv.

- **LLC** (Logical Link Control) je podvrstva řízení datového spoje, což zde znamená filtrování přijatých zpráv (Acceptance Filtering) a hlášení o přetíženích (Overload Notification).

Řízení přístupu k médiu a řešení kolizí

Vzhledem k tomu, že se jedná o síť typu multimaster, každý z účastníků může zahájit vysílání, jakmile je připraven a síť je v klidovém stavu (bus free). Kdo přijde první, ten vysílá.

Ostatní mohou vysílat až poté, co je zpráva odvysílána. Výjimku tvoří chybové rámce, které se dají vysílat okamžitě po identifikaci chyby kterýmukoli účastníkem.

Zahájí-li vysílání současně několik uzlů, pak přístup na sběrnici získá ten, který přenáší zprávu s vyšší prioritou (nižším identifikátorem). Identifikátor je uveden na začátku zprávy. Každý vysílač porovnává hodnotu právě vysílaného bitu s hodnotou na sběrnici a zjistí-li, že na sběrnici je jiná hodnota než vysílá (jedinou možností je, že vysílač vysílá recessive bit a na sběrnici je úroveň dominant), okamžitě přeruší další vysílání. Tím je zajištěno, že zpráva s vyšší prioritou bude odeslána přednostně a že nedojde k jejímu poškození, což by mělo za následek opakování zprávy a zbytečné prodloužení doby potřebné k přenosu zprávy. Uzel, který nezískal při kolizi přístup na sběrnici musí vyčkat až bude sběrnice opět ve stavu Bus free, a pak zprávu vyslat znovu. [3]

Zabezpečení přenášených dat

Protokol CAN se vyznačuje silným mechanismem zabezpečení přenášených dat. Současně působí tyto mechanismy:

- monitoring
- CRC kód
- vkládání bitu
- kontrola zprávy
- potvrzení přijaté zprávy

Monitoring: Monitoring znamená, že vysílač porovnává vysílanou hodnotu bitu s úrovní na sběrnici. Jsou-li obě hodnoty stejné, vysílač pokračuje ve vysílání. Pokud je na sběrnici detekována jiná úroveň než odpovídá vysílanému bitu, a probíhá-li právě řízení přístupu na sběrnici (vysílá se Arbitration Field), přeruší se vysílání a přístup k médiu získá uzel vysílající zprávu s vyšší prioritou. Pokud je rozdílnost vysílané a detekované úrovně zjištěna jinde než v Arbitration Field a v potvrzení přijetí zprávy (ACK Slot), je vygenerována chyba bitu.

CRC kód: CRC kód (Cyclic Redundancy Check) o délce 15ti bitů tvoří poslední pole vysílané zprávy. Proto se může generovat ze všech do té doby odvysílaných bitů zprávy podle polynomu: $x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^4 + x^3 + 1$ Je-li detekována chyba CRC libovolným uzlem na sběrnici, je vygenerována chyba CRC.

Vkládání bitu (bit stuffing): Vysílá-li se na sběrnici pět po sobě jdoucích bitů jedné úrovně, je do zprávy navíc vložen bit opačné úrovně. Toto opatření slouží jednak k detekci chyb ale také ke správnému časovému zesynchronizování přijímačů jednotlivých uzlů. Je-li detekována chyba vkládání bitů, je vygenerována chyba vkládání bitů.

Kontrola zprávy (message frame check): Zpráva se kontroluje podle formátu udaného ve specifikaci a pokud je na nějaké pozici bitu zprávy detekována nepovolená hodnota, je vygenerována chyba rámce (formátu zprávy).

Potvrzení přijetí zprávy (acknowledge): Každé zařízení, připojené ke sběrnici musí správně přijatou zprávu potvrdit. Činí tak změnou bitu v poli ACK (1 bit) z recessive - vysílané vysílačem na dominant. To platí i pro ta zařízení, která mají zapnuto filtrování a tedy zprávu nepřijímají.

Signalizace chyb

Každý uzel má zabudována dvě interní počítadla chyb udávající počet chyb při příjmu a při vysílání. Podle obsahů počítadel může uzel přecházet, co se týká hlášení chyb a jeho aktivity na sběrnici, mezi třemi stavy (aktivní, pasivní, odpojený). Pokud uzel generuje příliš velké množství chyb, je automaticky odpojen (přepnut do stavu Bus-off) Z hlediska hlášení chyb tedy rozdělujeme uzly do následujících tří skupin:

Aktivní (Error Active)

- tyto uzly se mohou aktivně podílet na komunikaci po sběrnici a v případě, že detekují libovolnou chybu v právě přenášené zprávě (chyba bitu, chyba CRC, chyba vkládání bitů, chyba rámce), vysílají na sběrnici aktivní příznak chyby (Active Error Flag). Aktivní příznak chyby je tvořen šesti po sobě jdoucími bity dominant, čímž dojde k poškození přenášené zprávy (poruší se pravidlo vkládání bitů).

Pasivní (Error Passive)

- tyto uzly se také podílejí na komunikaci po sběrnici, ale z hlediska hlášení chyb vysílají pouze pasivní příznak chyby (Passive Error Flag). Ten je tvořen šesti po sobě jdoucími bity recessive, čímž nedojde k destrukci právě vysílané zprávy.

Odpojené (Bus-off)

- tyto uzly nemají žádný vliv na sběrnici, jejich výstupní budiče jsou vypnuty. [3]

4.3.4 Základní typy zpráv

Specifikace protokolu CAN definuje čtyři typy zpráv:

- datová zpráva
- žádost o data
- zpráva o chybě
- zpráva o přetížení

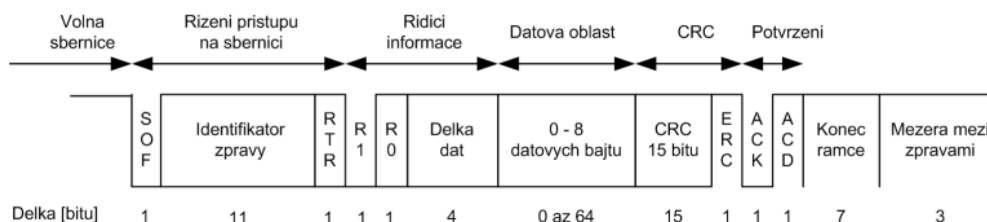
Datová zpráva a žádost o data se týkají přenosu dat. Datová zpráva tvoří základ komunikace, umožňuje zařízení vyslat zprávu dlouhou až 8 Byte. Naopak při jednoduchých typech datových zpráv, jako jsou povely zapni/vypni a podobně není třeba posílat žádná data, tyto binární příkazy mohou být obsaženy v identifikátoru zpráv. Tím se zvyšuje rychlost přenosu v protokolu CAN. Zařízení, které tato data vlastní je vyšle na sběrnici.

Další dva typy zpráv slouží k řízení sběrnice a to k signalizaci chyby a eliminaci chybných zpráv a k signalizaci o přetížení, tedy vyžádání prodlevy v komunikaci.

Datová zpráva (Data Frame)

Protokol CAN používá dva typy datových zpráv. První typ je definován specifikací 2.0A a je v literatuře označován jako **standardní formát** zprávy (Standard Frame), zatímco specifikace 2.0B definuje navíc tzv. **rozšířený formát** zprávy (Extended Frame). Jediný podstatný rozdíl mezi oběma formáty je v délce identifikátoru zprávy, která je 11 bitů pro standardní formát a 29 bitů pro rozšířený formát. Oba dva typy zpráv mohou být používány na jedné sběrnici, pokud je použitým řadičem podporován protokol 2.0B.

Vyslání datové zprávy je možné pouze tehdy, je-li sběrnice volná (stav Bus Free). Jakmile uzel, který má připravenou zprávu k vyslání, detekuje volnou sběrnici, začíná vysílat. Zda získá přístup na sběrnici či nikoliv, záleží na již popsaném mechanismu řízení přístupu k médium. Strukturu datové zprávy podle specifikace 2.0A ilustruje obr. 7.



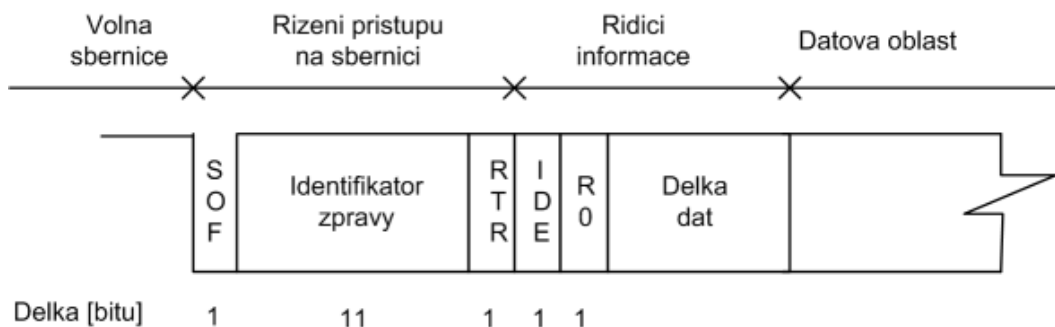
Obr. 7: Datová zpráva podle specifikace CAN 2.0A

Význam jednotlivých částí datové zprávy podle specifikace CAN 2.0A je následující:

- začátek zprávy (1b) SOF - Start of Frame
- řízení přístupu ke sběrnici a identifikátor zprávy (Arbitration Field),
- (11b), určuje prioritu zprávy a význam přenášené zprávy
- RTR (Remote Request) - (1b), slouží k rozlišení zprávy, zda jde o datovou
- zprávu (dominant) nebo žádost o přístup ke sběrnici (recessive)
- řídicí pole (Control Field), R0 a R1 celkem 2b, rezervováno
- délka datové zprávy (4b)
- datová oblast (Data Field) - max. 8Byte dat
- CRC - zabezpečovací kód (15b)
- ERC - (1b) dominant, CRC oddělovač
- potvrzení ACK - (2b), z toho 1b (ACK), 1b oddělovač (ACD) - recessive
- konec zprávy (End of Frame) - (7b) recessive
- mezera mezi zprávami (Interframe Space) - (3b) recessive

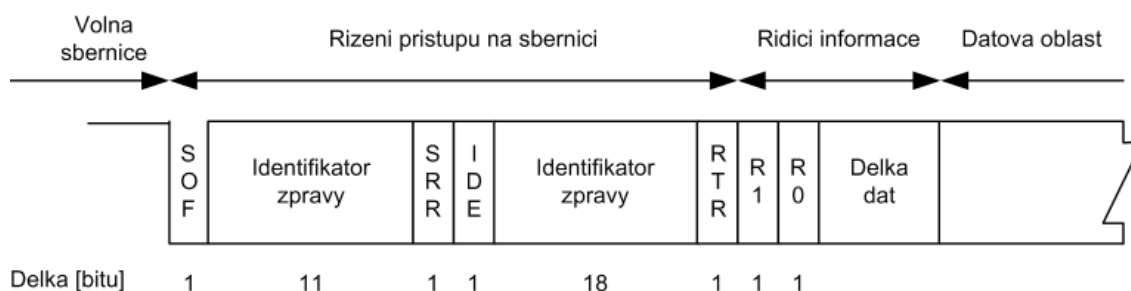
Specifikace **CAN 2.0B** definuje dva formáty datové zprávy - standardní a rozšířený.

Standardní zpráva (Standard Frame) je převzat ze specifikace 2.0A, má délku identifikátoru zprávy 11 bitů. Jediným rozdílem je zde využití bitu R1 na indikaci, zda se jedná o rámeček standardní nebo rozšířený. Zde se podle CAN 2.0B tento bit označuje IDE (Identifier Extended) a je dominantní pro standardní formát a recessivní pro rozšířený formát zprávy. Z obr. 8, který zobrazuje začátek rámce je vidět, že řízení přístupu na sběrnici (priorita zprávy) je dána opět 11-ti bity identifikátoru a hodnotou bitu RTR (Remote Request).



Obr. 8: Začátek datové zprávy (standardní formát) podle specifikace 2.0B

Rozšířený rámeček (Extended Frame) používá celkem 29 bitový identifikátor zprávy. Ten je rozdělen do dvou částí o délkách 11 (stejný identifikátor je použit ve standardním formátu) a 18 bitů (viz obr. 8). Bit RTR (Remote Request) je zde nahrazen bitem SRR (Substitute Remote Request), který má v rozšířeném formátu vždy hodnotu recessivní. To zajišťuje, aby při vzájemné kolizi standardního a rozšířeného formátu zprávy na jedné sběrnici se stejným 11-ti bitovým identifikátorem, získal přednost standardní rámeček. Bit IDE (Identifier Extended) má vždy recessivní hodnotu. Bit (RTR) udávající, zda se jedná o datovou zprávu nebo žádost o data je přesunut za konec druhé části identifikátoru. Pro řízení přístupu k médium jsou použity ID (11 bit), SRR, IDE, ID (18 bit), RTR. V tomto pořadí je určena priorita datové zprávy. [3]



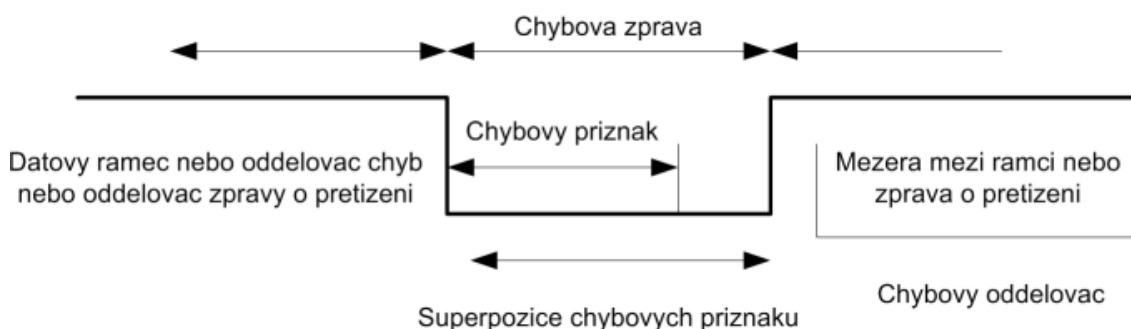
Obr. 9: Začátek datové zprávy (rozšířený formát) podle specifikace 2.0B

Žádost o data (Remote Frame)

Formát žádosti o data je podobný jako formát datové zprávy. Pouze je zde RTR bit (pole řízení přístupu na sběrnici) nastaven do úrovně recessive a chybí datová oblast. Pokud nějaký uzel žádá o zaslání dat, nastaví takový identifikátor zprávy, jako má datová zpráva, jejíž zaslání požaduje. Tím je zajištěno, že pokud ve stejném okamžiku jeden uzel žádá o zaslání dat a jiný data se stejným identifikátorem vysílá, přednost v přístupu na sběrnici získá uzel vysílající datovou zprávu, neboť úroveň RTR bitu datové zprávy je dominant a tudíž má tato zpráva vyšší prioritu. [5]

Zpráva o chybě (Error Frame)

Chybová zpráva slouží k signalizaci chyb na sběrnici CAN. Jakmile libovolný uzel na sběrnici detekuje v přenášené zprávě chybu (chyba bitu, chyba CRC, chyba vkládání bitů, chyba rámce), vygeneruje ihned na sběrnici chybový rámec. Podle toho, v jakém stavu pro hlášení chyb se uzel, který zjistil chybu, právě nachází, generuje na sběrnici buď aktivní (šest bitů dominant) nebo pasivní (šest bitů recessive) příznak chyby. Při generování aktivního příznaku chyby je přenášená zpráva poškozena (vzhledem k porušení pravidla na vkládání bitů), a tedy i ostatní uzly začnou vysílat chybové zprávy. Hlášení chyb je pak indikováno superpozicí všech chybových příznaků, které vysílají jednotlivé uzly. Délka tohoto úseku může být minimálně 6 a maximálně 12 bitů.

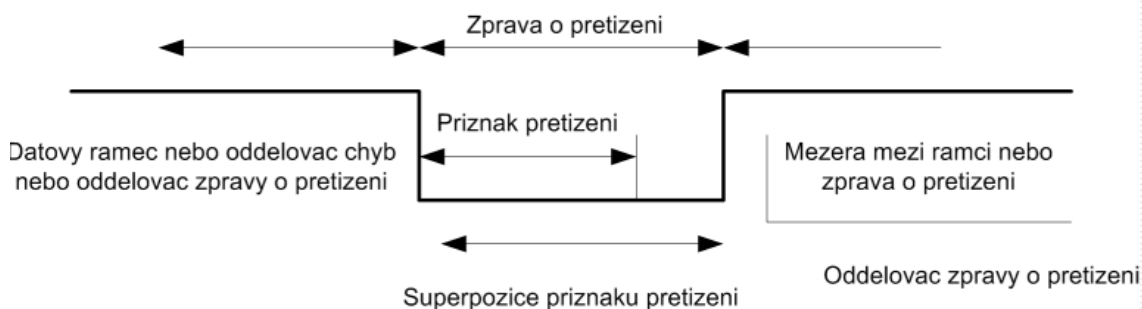


Obr. 10: Zpráva o chybě protokolu CAN

Po vyslání chybového příznaku vysílá každá stanice na sběrnici bity *recessive*. Zároveň detekuje stav sběrnice, a jakmile najde první bit na sběrnici ve stavu recessive, vysílá se dalších sedm bitů recessive, které plní funkci oddělovače chyb (ukončení chybové zprávy).

Zpráva o přetížení (Overload Frame)

Zpráva o přetížení slouží k oddálení vyslání další datové zprávy nebo žádosti o data. Zpravidla tento způsob využívají zařízení, která nejsou schopna kvůli svému vytížení přijímat a zpracovávat další zprávy. Struktura zprávy je podobná zprávě o chybě, ale její vysílání může být zahájeno po konci zprávy (End of Frame), oddělovače chyb nebo předcházejícího oddělovače zpráv přetížení. [3]



Obr. 11: Zpráva o přetížení

4.4 Spojité akční členy

Na základě dlouholetých zkušeností, rozsáhlého know-how a vysoké úrovně technologie nabízí společnost Siemens řadu produktů Acvatix™, komplexní řady ventilů a pohonů s užitím při výrobě, distribuci a spotřebě nejen pro vytápění a chlazení, ale také v aplikacích dálkového vytápění. Z těchto důvodů splňují produkty Acvatix™ všechny požadavky v oblasti řešení projektů v oblasti průmyslových aplikací. Acvatix™ je řešení pro rodinné domky i pro bytové domy, komplexní klimatizační zařízení v moderních administrativních budovách nebo zařízeních s velkými objemovými průtoky. Ventily a pohony Acvatix™ vynikají vysokou kvalitou s dlouhou dobou životnosti. Zajišťují pohodlí a komfort a přispívají k optimalizaci spotřeby energie, k modernizaci a umožňují dodatečné úpravy zařízení.

HVAC systémy pracují přesně, pokud každá část zařízení pracuje spolehlivě. Řady Acvatix™ společnosti Siemens nabízejí pro všechny požadavky zákazníků správné ventily a pohony, všechny typy médií a rozsáhlé řady aplikací. [6]

Přednosti :

- Příspěvek k optimalizaci spotřeby energie
- Rozsáhlé produktové řady pro všechny typy aplikací
- Jednoduchý výběr ventilů a pohonů

Univerzální řada ventilů a pohonů pro regulaci místností a zón.

Tato řada nabízí řešení pro všechny aplikace pro regulaci místností a zón. Pro ovládání ventilů jsou k dispozici termické nebo elektrické pohony s oběma variantami, tzn. ventil normálně otevřen nebo zavřen, řídicí signál 3bodový, on/off nebo spojitý - ideální kombinace ventil-pohon je vždy k dispozici. Tyto pohony dokonale spolupracují s prostorovými regulátory a s jednotlivými systémy pro regulaci. V nabídce jsou i zásuvné připojovací kabely bez obsahu halogenů.

Výhody:

- široký výběr ventilů a pohonů,
- energeticky účinné řešení díky automatické adaptaci zdvihu,
- za tepla lisované bronzové ventily s dlouhou životností.

Vlastnosti:

- ventily s lineární charakteristikou,
- ventily s vnějším závitem,
- přímé, trojcestné a trojcestné ventily s obtokem,
- termické a elektromotorické pohony,
- pohony s 2-, 3bodovým a s DC 0...10 V řídicím signálem,
- pohony s 2bodovým řídicím signálem a se zpětnou pružinou.

Pro správné řízení úlohy na ředění kapalin jsem vybral kombinaci elektrického pohonu SSP 61 a ventilu **VVP47.10**.

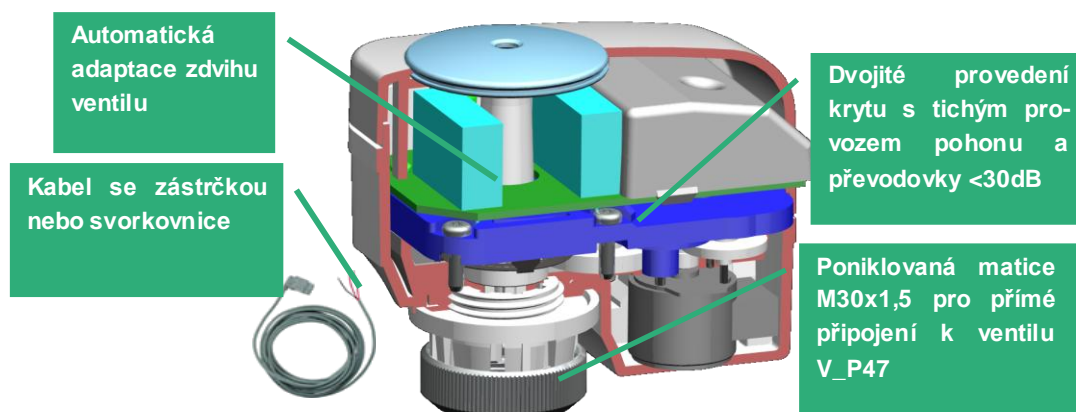
4.4.1 Elektrický pohon SSP61

Elektrický pohon SSP 61 se používá k ovládání ventilů Siemens V...P47... pro regulaci topné a chladicí vody ve vytápěcích, ventilačních a klimatizačních systémech. Pro jeho charakteristické vlastnosti a využití je vhodný do úlohy ředění kapalin.

- Přímé připojení k ventilům Siemens V..P47 (závit M30x1,5)
- Ovládací síla 160
- Viditelný indikátor polohy
- Při výpadku napětí zůstává vřeteno pohonu v příslušné poloze
- Momentová spojka
- Připojovací kabel se zástrčkou v provedení se třemi různými délkami
- Připojovací svorkovnice pro všechny verze pohonů s napájením AC/DC 24V
- Zdvih 2,5 mm – přizpůsobení zdvihu ke zdvihu ventilu až do 5,5 mm
- Jmenovitá ovládací síla 160 N
- Maximální provozní okolní teplota 50°C
- Normalizované řídicí signál
 - spojitý řídicí signál 0...10V
- Dvojitě konstrukční provedení krytu s tichým provozem < 30dB
- Robustní konstrukce

Mechanická část

Pod plastovým krytem se nachází bez údržbový přechodový mechanismus, odolný proti zablokování. Nastavení polohy vřetena je možno provádět imbusovým klíčem 3mm. Při přetížení a v krajních polohách zdvihu dochází k odpojení záběru momentovou spojkou. [6]

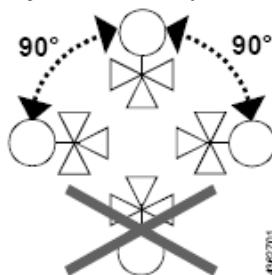


Obr. 12: Řez elektrického pohonu SSP 61



Obr. 13: Elektrický pohon SSP 61

Připojení pohonu k ventilu je provedeno pomocí převlečené matice; není třeba žádné nářadí ani nastavování. Pohon musí být nastaven do polohy 0. Připojování pohonu k ventilu se provádí ručně, utáhne se převlečená matice. Polohy upevnění jsou zobrazeny na Obr.14.



Obr. 14: Montážní polohy ventilu s pohonem.

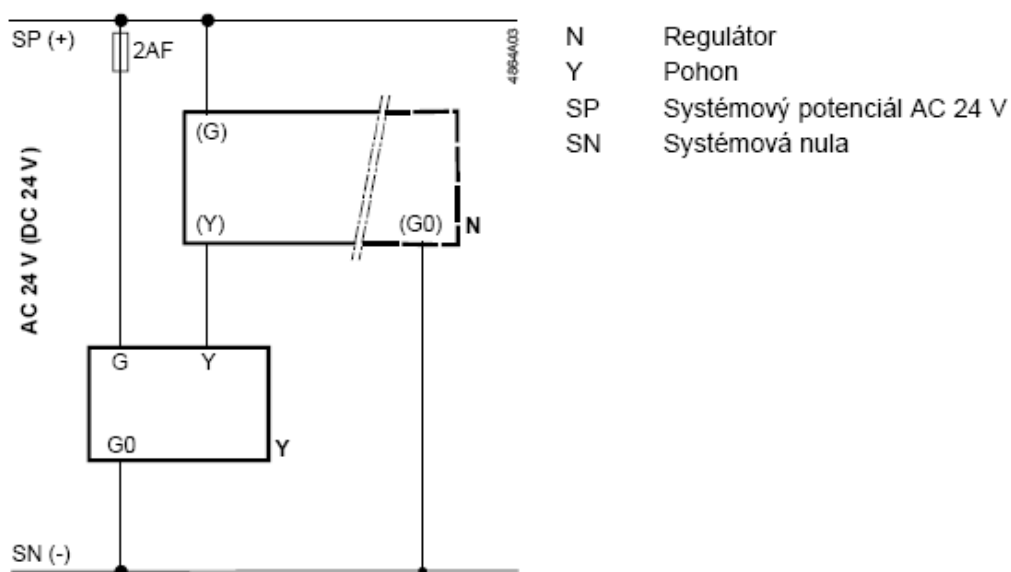
Elektrická část

Napájení pohonu lze realizovat dvěma způsoby :

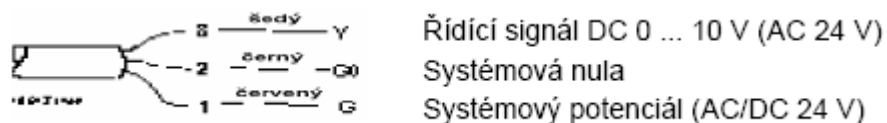
- stejnosměrné napětí (DC) 24 V
- střídavé napětí (AC) 24 V

V úloze ředění bylo použité napájecí napětí DC 24 V ze spínaného zdroje modulu ředění. Při ovládání pohonu řídicím signálem DC 0...10 V je generován zdvih, který je převeden na vřeteno ventilu. Ventil se otevírá a zavírá v závislosti od velikosti řídicího signálu na svorce Y. Při nulové

hodnotě napětí řídicího signálu je ventil plně zavřen. Při odpojení napájecího napětí zůstane vřetenno pohonu v příslušné poloze. Po připojení napájecího napětí se spustí autokalibrace, při které se vřetenno vysouvá do polohy max. a zpět do polohy 0. Během této autokalibrace se nesmí pohon přestavovat ručně imbusovým klíčem.



Obr. 15: Elektrické zapojení pohonu



Obr. 16: Zapojení propojovacího kabelu

AUTOKALIBRACE :

Během uvádění pohonu SSP61... do provozu a vždy, když je k němu připojeno elektrické napájení, tak pohon provádí samokalibraci (zdvih ventilu 0 → max. zdvih ventilu → zdvih ventilu 0). Během kalibrace nesmí být pohon přestavován ručně. Správná funkce pohonu SSP... může být poškozena, jestliže je provozován bez připojeného ventilu. Po třech pokusech o provedení kalibrace zůstane vřetenno pohonu vysunuto. Před připojením pohonu k ventilu musí být elektrické napájení pohonu odpojeno a vřetenno pohonu musí být ručním ovládáním nastaveno do polohy 0. Po připojení ventilu k pohonu a po opětovném připojení elektrického napájení opět proběhne kalibrační proces. Pro správný průběh kalibrace musí mít použitý ventil minimální zdvih 1,5 mm. Pokud je zdvih ventilu menší než 1,5 mm, tak kombinace ventilu s pohonem zůstane zablokována po třech kalibračních pokusech (vřetenno pohonu vysunuto). [6]

4.4.2 Ventil VVP47.10

Ventil VVP47.10 je určen pro využití ve větracích a klimatizačních zařízeních pro regulaci teplé a studené vody v uzavřených okruzích, např. pro indukční jednotky, fan-coilové jednotky, malé ohříváče a chladiče. [6]



Obr. 17: Ventil VVP47.10

Využívá se zejména ve:

- 2-trubkových systémech s 1 výměníkem tepla pro topení a chlazení
- 4-trubkových systémech s 2 oddělenými výměníky tepla pro topení a chlazení
- vytápěcích zařízeních pro regulaci topných zón v uzavřených okruzích, např. :
 - v samostatných topných zařízeních v budovách
 - v bytech a v jednotlivých místnostech
 - v průmyslových zařízeních

Charakteristika:


Bronzové tělo ventilu CC491K (Rg5)

- DN 10, DN 15 a DN 20
- k_{vs} 0,25 to 4 m³/h
- Vnější připojovací závit G... B s plochým těsněním podle ISO 228/1 pro
 - závitové šroubení ALG... (lze objednat u Siemens)
 - svěrné šroubení SERTO SO 21... (u specializovaných prodejců)
 - závitové šroubení pro pájené
- Lze použít s elektrickými pohony SSP... / SFP... nebo s termickými pohony STP... / STS61

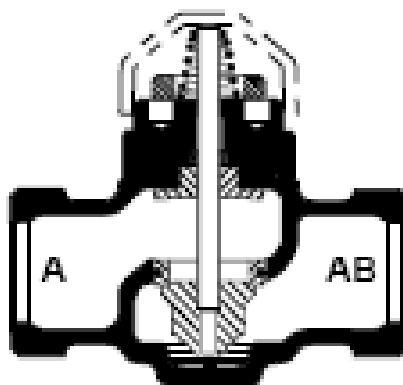
Konstrukce:

- Kombinovaný omezovač průtoku ve tvaru disk / kuželka
- V přímém směru A → AB je sedlo zapuštěno do těla ventilu
- V obtoku B → AB je sedlo obrobena
- Nepřetržité mazání těsnících kroužků
- Kompaktní konstrukce ventilu se zpětnou kónickou pružinou

2cestní ventily přednostně montujte na zpátečku, kde jsou těsnění vystavena nižším teplotám.[6]

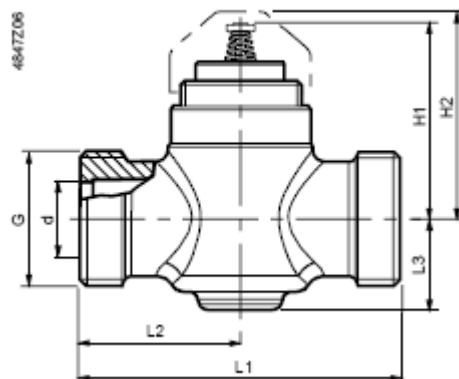
Provedení ventilu	Typ ventilu	Průtok ventilem v režimu řízení			Vřeteno ventilu	
		Vstup A	Vstup B	Výstup AB	zasunuto	vysunuto
2-cestné ventily 	VVP47... 	proměnný		proměnný	 ventil otevřen	 ventil zavřen

Obr. 18: Provedení ventilu VVP47.10



Obr. 19: Řez ventilem VVP47.10

VVP47...



Obr. 20: Rozměry ventilu VVP47.10

Tab. 2: Přehled rozměrů ventilu

DN	G [coul]	D [mm]	H1[mm]	H2[mm]	L1[mm]	L2[mm]	L3[mm]	M[kg]
10	G½ B	10,5	46	49	60	30	19	0,32

4.5 Formica

Kreslení schématu a následný návrh desky plošného spoje byl důležitou součástí při konstrukci řídicího modulu pohonu SSP 61. Samotná Formica se skládá ze dvou částí. První s názvem Formica Schematic je určena pro kreslení schémat a Formica Layout je určena k navrhování desek plošného spoje.[4]

4.5.1 Formica schematic editor

Tenhle editor je určen pro všechny operační systémy Windows. Je v něm možnost vytvořit schéma až o 127 listech a rozměr listu může dosahovat až 16000 x 16000 jednotek (A6 až A0). Do schématu je možnost vložit až 200 000 objektů. Každý objekt je označen jedním z 16 logických typů, kterým jsou přiřazeny nastavitelné barvy, tloušťky a provedení čar. Logické typy vodičů jsou přenositelné do netlistu, který se pak implementuje do návrhu plošného spoje v editoru Formica Layout. Navržené schéma je možné generovat do výstupních souborů ve formátech PostScript, PDF (prostřednictvím programu GhostScript), DXF, TIFF, PCX, EMF (metafile) a HP-GL (plottery). Samotný tisk se pak realizuje přes rozhraní Windows, tak přes vlastní generátory pro některé typy tiskáren - laserové (7 rozlišení), trykové (8 barev, 18 rozlišení) a maticové (14 rozlišení)

Schematic editor zahrnuje také kontextovou nápovědu (k položkám menu, dialogům a chybovým hlášením), která je průběžně zobrazovaná jako jednořádková nápověda.[4]

4.5.2 Formica Layout

Editor pro navrhování plošného spoje je určen pro všechny operační systémy Windows. Je v něm možnost vytvořit návrh o rozměrech desky až 800 x 800 mm a rozlišení 0,025 mm. Deska může obsahovat 24 vrstev. Při návrhu desky je možnost editovat a vkládat netlist, který automaticky generuje pouzdra součástek na základě schéma zapojení. Podporuje taky technologii SMD součástek. Aby nedocházelo ke skatům, program kontroluje izolační vzdálenosti. Při překročení její povolené hranice ihned upozorňuje na vzniklý problém.

Výstupní zpracování a kompatibilita:

- konfigurovatelné, optimalizující výstupní generátory
- výstup matrice ve formátu RS-274X
- výstupy matrice pro fotoplottery Gerber, Emma a další
- výstupy pro NC vrtačky Excellon, Posalux a Merona
- výstup souřadnic součástek pro osazovací automat

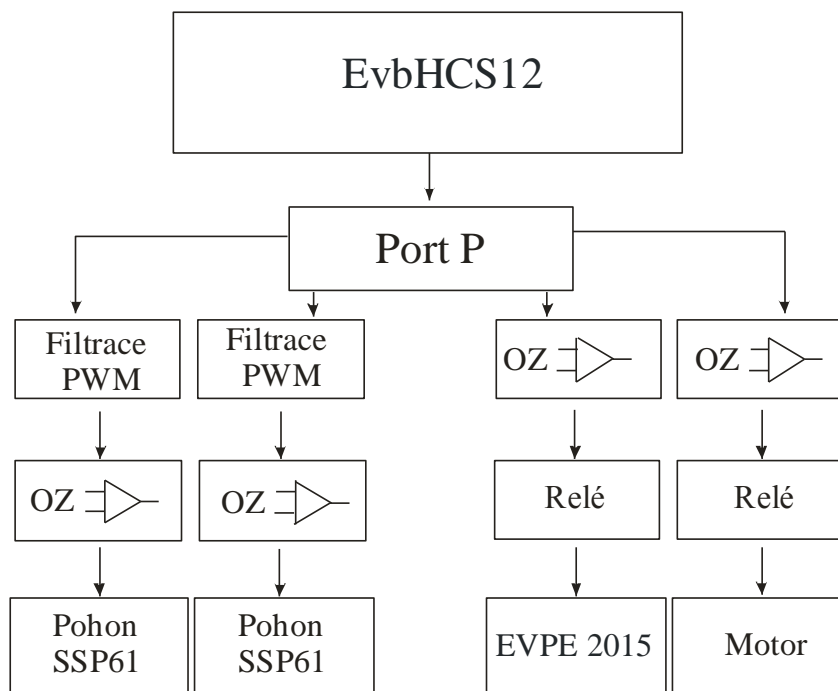
- tisk na systémové tiskárně Windows

• výstup matrice a dokumentace na laserové tiskárny (6 rozlišení), trykové tiskárny (8 barev, 18 rozlišení), maticové tiskárny (14 rozlišení), HP-GL plottery, a do formátů PostScript, TIFF, PCX a DXF

- tisk bitové mapy v barvách a ve stupních šedi (100, 75, 50, 25 a 12,5%)
- speciální nápisy (expandované při výstupu) [4]

5 Návrh řídicího modulu

Řídicí modul pro připojení spojitých akčních členů má za úkol převést PWM signál generován mikrořadičem M68HC912BC32 na spojitý stejnosměrný signál pro řízení servomechanizmu elektronického pohonu SSP61. Tento modul v sobě obsahuje také dva obvody s relé, ty spínají dva digitální výstupy z mikrořadiče. Relé slouží k řízení elektromagnetického ventilu EVPE 2015.*1 24V= pro vypouštění kapaliny z nádoby míchače a k řízení motoru míchače, který nebyl osazen z časového důvodu.



Obr. 21: Blokové schéma řídicího modulu

Kreslení schématu a následný návrh desky plošného spoje byl důležitou součástí při konstrukci řídicího modulu.

5.1 Rutiny v jazyce C

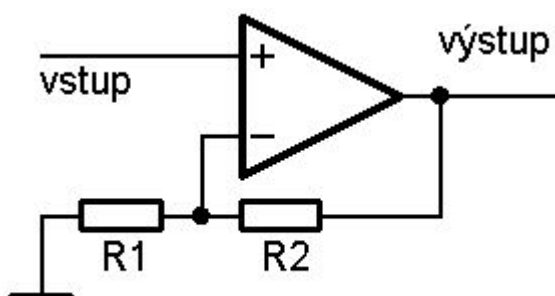
Pro správný návrh řídicího modulu bylo nutné seznámit se ze základy programovacího jazyka C, se kterým pracuje programovací prostředí CodeWarrior for HC12. Tento software umožňuje pokročilé odladění programu krokováním až na úroveň jednotlivých instrukcí, sledováním obsahu registrů a proměnných, změnou hodnot proměnných za běhu, nastavením break-pointů, emulací procesoru a jeho periferních vstupů a výstupů k odladění bez potřebného hardwaru, a řadou dalších funkcí usnadňujících vývoj programové aplikace. Při samotné realizaci schéma zapojení bylo nutné v programové aplikaci, která byla předmětem jiné bakalářské práce, sledovat nastavení portu P a jeho jednotlivých pinů. Na základě těchto nastavení se pak dále odvíjelo navrhování propojení jednotlivých

pinů konektoru řídicího modulu a portu P. Rutiny v Jazyce C nebyli z časových důvodů realizováni. Rozložení jednotlivých výstupů a úpravy vstupních pinů byli přezvané.

6 Návrh schéma zapojení

Při kreslení schématu byla řešena především otázka správného zapojení všech aktivních i pasivních součástek a typu pouzder. Všechny informace o zapojení vývodů součástek byly čerpány z Data Sheetů výrobců obvodů.

Při samotné realizaci schéma bylo využito schématického editoru Formica schematic 4.40. Tenhle editor je kompatibilní se všemi typy operačního systému Windows. Ze schéma je možnost přímo vygenerovat netlist, který se pak dále využije při návrhu plošného spoje do kterého přímo vygeneruje pouzdra součástek. Ve schématu je nutno využít dva aktivní RC filtry 2. řádu s operačním zesilovačem LM 324. Zapojením tohoto zesilovače bylo nutno dosáhnout zesílení 2, které je potřebné pro dosažení parametru řídicího signálu. Z mikrořadiče je generován PWM signál o hodnotě napětí 5V. Dvojnásobným zesílením tedy dosáhneme požadované hodnoty řídicího signálu 10V. Při návrhu zapojení operačního zesilovače se vycházelo z teorie zapojení neinvertujícího operačního zesilovače.



Obr. 22: Neinvertující zapojení operačního zesilovače

U neinvertujícího zesilovače je neinvertující vstup připojen k obvyklému odporovému děliči, tvořenému vstupním odporem R_1 a zpětnovazebním odporem R_2 . Invertující vstup je připojen k vstupnímu napětí. Zesílení u neinvertujícího zesilovače je téměř stejné jako u invertujícího, rozdíl je ale v polaritě napětí. Napětí je dáno vztahem

$$U_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) * U_1$$

$$10 = \left(1 + \frac{5000}{R_1}\right) * 5$$

$$10 = \left(5 + \frac{25000}{R_1}\right)$$

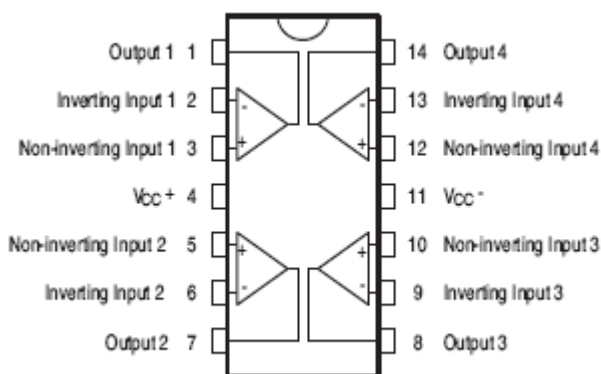
$$5R_1 = 25000$$

$$R1 = \left(\frac{25000}{5} \right)$$

$$R1 = 5000 \, \Omega$$

Na základě vzorce pro výpočet hodnot odporového děliče se vypočetlo jaké konkrétní hodnoty rezistorů musí být použité.[1]

I v tomto případě je rozhodující poměr zpětnovazebního a vstupního odporu, ale zvětšený o jedničku. Díky této jedničce nemůže být nikdy výraz v závorce menší než jedna, a proto ani zesílení nemůže být záporné. U neinvertujícího zesilovače je výstupní signál ve fázi se vstupním signálem. Nejdůležitější vlastností neinvertujícího zesilovače je vysoký vstupní odpor. Ten je velmi cenný, protože v případě připojení k měkkému zdroji nedochází k zatěžování zdroje. Neinvertující zesilovač je dokonale souměrný a pracuje se stejnosměrným i střídavým napětím. Protože oba vstupy jsou na úrovni vstupního signálu (nikoliv na nulové úrovni), musíme dbát o co nejlepší potlačení součtového signálu, označovaného jako CMR. Přičemž součtovým napětím rozumíme část napětí, která je společná oběma vstupům. Projevuje se jako zdroj chybového napětí a zhoršuje linearitu přenosu.[9]



Obr. 23: Popis zapojení operačního zesilovače LM 324

Při navrhování spínací větvi, ve které jsou použité dvě elektromagnetické relé typu 4052 – 24V bylo využito funkční a ověřené zapojení z předešlého spínacího modulu relé.

Celkové schéma zapojení ovládacího modulu pro spojitě akční členy je kvůli svým rozměrům umístěno v příloze III.

7 Návrh desky plošného spoje

Při návrhu plošné spoje ovládacího modulu se vycházelo ze schémy vytvořené v programu Formica schematic editor. Jedním z hlavních požadavků bylo, aby konečné rozměry byly 89 x 68 mm, proto bylo nejvhodnější použít součástky SMD.

Implementace schématu v programu pro návrh plošných spojů usnadnila tvorbu samotné desky. Po načtení netlistu do Formica Layout byly automaticky vygenerovány konkrétné typy pouzder součástek pro použití v návrhu plošného spoje.

Hotový návrh plošného spoje byl vytištěn na fólii a zhotoven v laboratoři L 019.

7.1 Ověření správnosti zapojení

Jednou z největších výhod tohoto programu je, že umožňuje kontrolovat správnost propojení vývodů (základem je opět soubor generovaný v Schematic), dále dokáže označit možné zkratky v zapojení a v neposlední řadě dokáže kontrolovat i dodržování předepsaných izolační vzdálenosti mezi propojovacími cestami

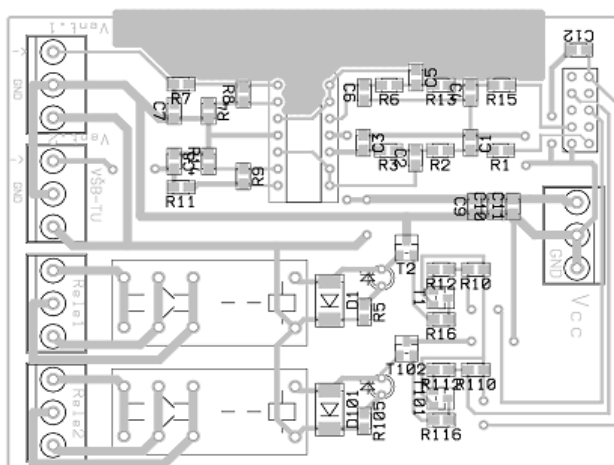
7.2 Volba tloušťky čár a pájecích bodů

Formica umožňuje výběr propojovacích cest ze široké palety rozměrů. Je nutné volit čáry s ohledem na integrované obvody, aby byli dodrženy předepsané izolační vzdálenosti. Dále podle pravidel, čáry pro připojení napájení, čáry, které jsou přivedeny na Relé musí mít větší tloušťku z důvodu větší proudové zátěže. Důležitý je i výběr rozměrů pájecích bodů pro konektory a jumpery, protože budou více mechanicky namáhané.

7.3 Konstrukční část a oživení desky

Osazení plošného spoje součástkami bylo prováděno v laboratoři D400. Při pájení součástek se pracovalo velmi opatrně vzhledem k malým rozměrům součástek SMD.

Při oživení modulu se postupovalo opatrně, aby nedošlo k znehodnocení součástek. Nejdřív se připojilo napájecí napětí z laboratorního zdroje. To se pozvolna zvyšovalo na hodnotu 24V a současně se sledoval stav proudu na ampérmetru. Při dosažení hodnoty 24V byl odběr ze zdroje minimální a nevyskytli se žádní problémy. Ovládací modul byl pak připojen k řídicímu modulu a po spuštění programové aplikace vše běželo dle požadavku na ovládací modul.



Obr. 24: Deska plošného spoje.

8 Závěr

Cílem této práce bylo vybrat a nainstalovat spojitý akční členy pro úlohu ředění kapalin, dále pak navrhnout a zhotovit ovládací modul pro připojení k řídicímu modulu EvbHCS12.

K realizaci této úlohy bylo potřebné seznámit se s programem Formica 4.40, který slouží k návrhu schéma a plošného spoje. V neposlední řadě bylo nutné seznámit se základy fungování komunikace po sběrnici CAN. Pro výběr spojitých akčních členů se využilo vysoké odbornosti a praxi firmy Siemens, která je popředním výrobcem na trhu s regulační technikou.

V rámci praktické části této práce jsem začal nejprve s vytyčením požadavek na funkčnost a umístění ovládacího modulu. Při návrhu schéma zapojení jsem vycházel z požadavků na velikost desky a z požadavků pro řídicí signál elektrických pohonů.

Největším problémem bylo najít, jakým způsobem by se dalo prostřednictvím mikrořadiče Freescale, řídit elektrický pohon, kterého řídicí signál musí nabývat hodnot 0 až 10V. Jediný vhodný způsob pro řízení bylo využití PWM signálu. Tento signál se ale musel převést na spojitý prostřednictvím využití RC filtru.

Po vyfiltrování signálu bylo nezbytné zesílit tento už spojitý signál. Řešením bylo použití neinvertujícího zesilovače a výpočet hodnot odporového děliče.

Rutiny v Jazyce C nebyli z časových důvodů realizováni. Rozložení jednotlivých výstupů a úpravy vstupních pinů byli přezvané z jiné práce.

Tato práce mi dala mnoho praktických zkušeností při navrhování schémat zapojení a navrhování desek plošného spoje. Dále pak porozumění pro problematiku PWM signálu a jeho zpracování.

Do budoucna by se tento model mohl vybavit větší nádobu pro ředění kapalin. Pro lepší proces ředění by mohl být k nádobě osazen pohon s vrtulí, pro který již byla navržena i spínací část v ovládacím modulu.

9 Použitá literatura

- [1] BRANDŠTETTER, P. *Elektronika*. Ostrava: VŠB, 1992. ISBN 80-7078 -966 - 2
- [2] KOTZIAN, J. *Dokumentace k úloze*. D400Server/LaboratorD400
- [3] ELEKTROREVUE, *Sběrnice CAN*. [Online]. 2003 [cit. 2008-05-02].
Dostupný z URL: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/03021/index.html>
- [4] FORMICA [Online]. 2007 [cit. 2008-04-18].
Dostupný z URL: <http://www.formica.cz>
- [5] MŮJWEB, *Architektura mikrokontroléru 68HC12*. [Online]. 2002 [cit. 2008-04-18].
Dostupný z URL: <http://mujweb.atlas.cz/www/xchlad03/dp68HC12.html>
- [6] SIEMENS, *Elektrické a termické pohony*. [Online]. 2008 [cit. 2008-03-21]. Dostupný z URL:
<http://www.siemens.cz/siemjet/cz/home/sibt/ventils/11903/Main/21648.jet>
- [7] CAN [Online]. 2008 [cit. 2008-05-02].
Dostupný z URL: www.can-cia.com
- [8] FREESCALE, *HC12 Overview*. [Online]. 2008 [cit. 2008-03-21]. Dostupný z URL:
<http://www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?code=DRMCRHC12OV&fsrch=1>
- [9] JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH,
Praktikum z elektroniky.[Online]. 2006
[cit. 2008- 04-18]. Dostupný z URL: <http://www.mvt.ic.cz/tri/pre/06.pdf>

10 Seznam příloh

Příloha I – Schéma procesorového modulu EvbHC12 část 1

Příloha II – Schéma procesorového modulu EvbHC12 část 2

Příloha III – Schéma ovládacího modulu

Příloha IV – Schéma zapojení klávesnice

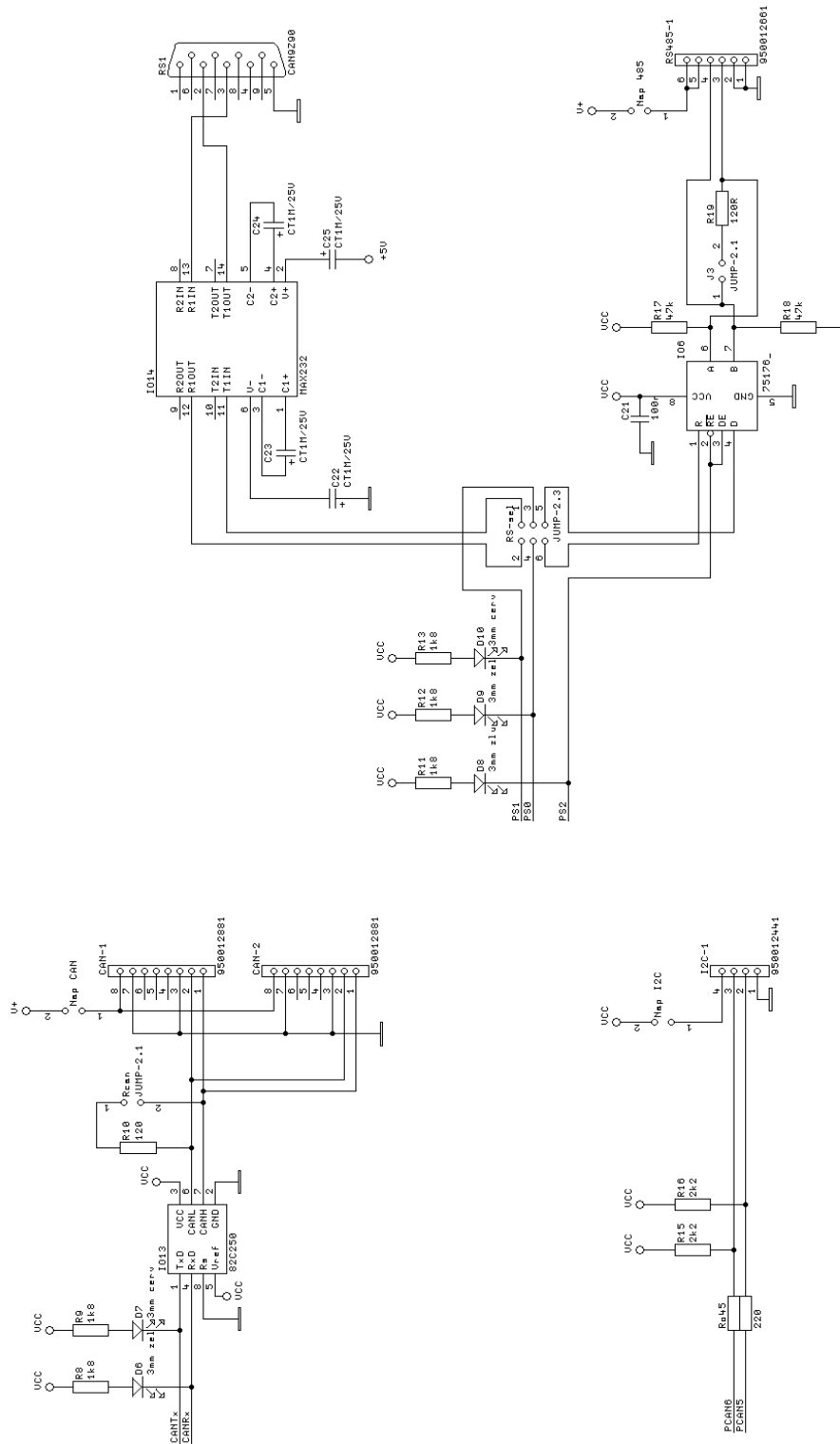
Příloha V – Schéma zapojení displeje

FORMICA Scheme Editor



Příloha II - Scéma zapojení procesorového modulu EvbHC12 část 2

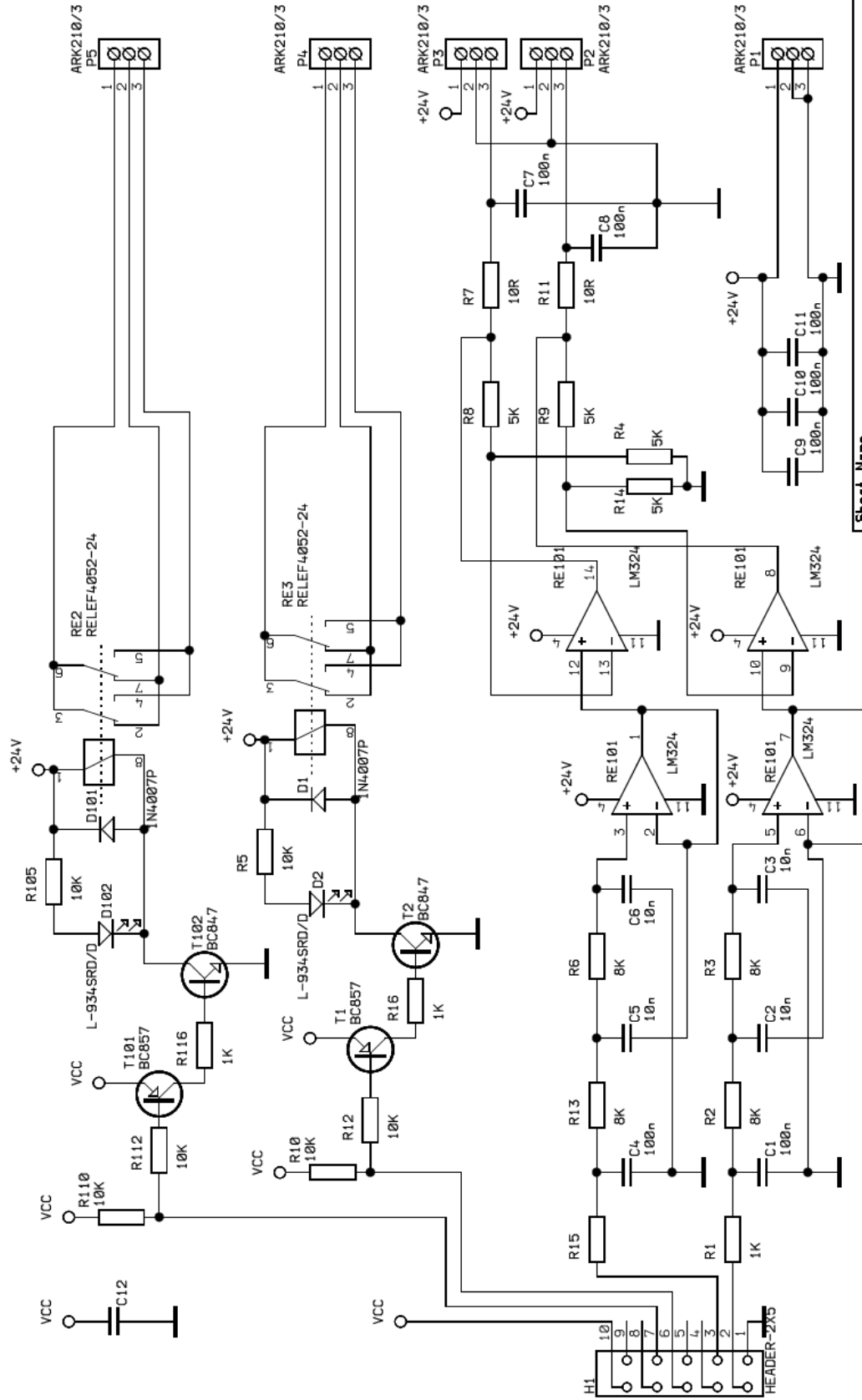
FORMICA Scheme Editor



Sheet Name	Uvvojau daka HC12 - komunikace
Size	A4
Project	EvbHC12
Rev	REV
Date	JAN-23-2002
Sheet	2 / 2

Příloha III- Schéma zapojení ovládacího modulu.

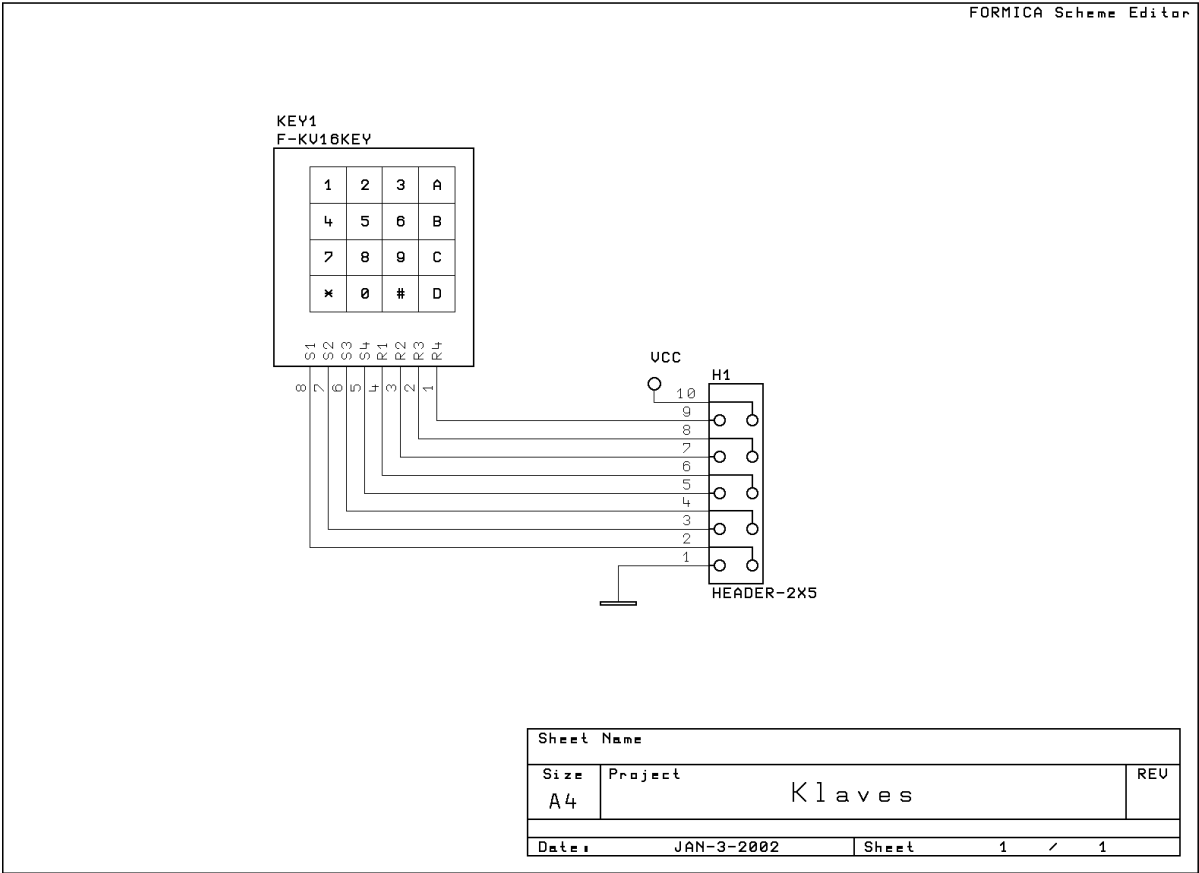
FORNICA Schematic Editor



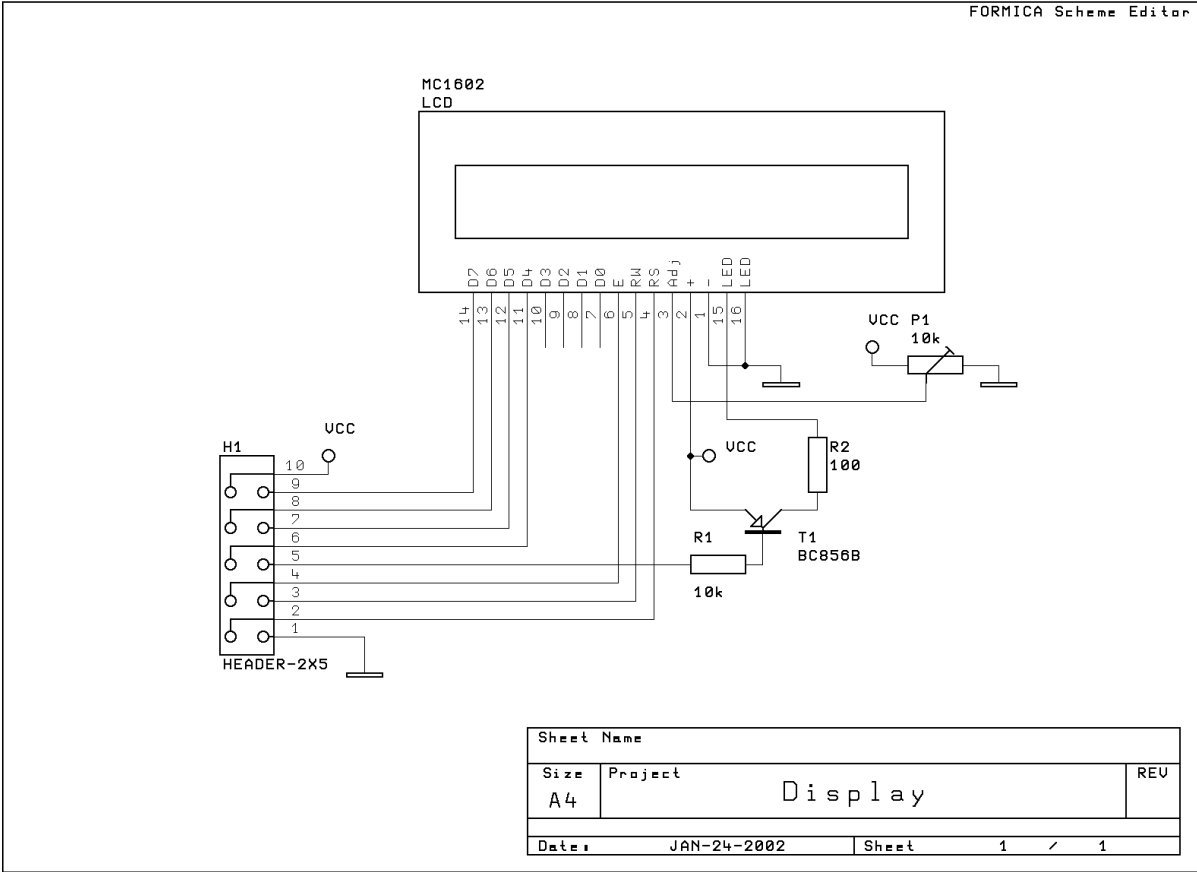
Sheet Name

Size	Project	Schema PWM+RELE	REV
A3			
Date	APR-28-2008	Sheet	1 / 1

Příloha IV - Schéma zapojení klávesnice.



Příloha V- Schéma zapojení displeje.



Příloha VI- Schéma zapojení převodníku kapacita / frekvence a napětí výšky hladiny.

