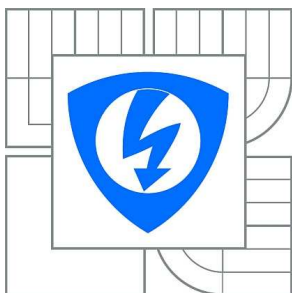


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

NÁVRH A REALIZACE MIDI OVLADAČE

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MIDI DRIVER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

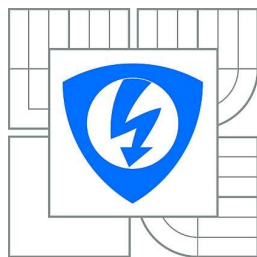
ZDENĚK JIRČÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ SCHIMMEL, Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Zdeněk Jirčík

ID: 120695

Ročník: 3

Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

Návrh a realizace MIDI ovladače

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte hardwarový MIDI ovladač, který bude umožňovat vysílání MIDI zpráv pro změnu programu a MIDI zpráv změny hodnoty tzv. průběžného MIDI kontroleru standardního typu. Funkci ovládacích prvků bude možné programovat pomocí tlačítek a LCD displeje přímo v zařízení nebo dálkově pomocí zpráv System Exclusive protokolu MIDI. Zařízení bude také umožňovat uložení několika různých nastavení v interní paměti a jejich externí zálohování pomocí zpráv System Exclusive protokolu MIDI. Navržený hardwarový MIDI ovladač realizujte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] GALLAGHER, M. The Music Tech Dictionary. Boston: Course Technology, 2009. ISBN: 978-1-59863-582-9

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 25.5.2012

Vedoucí práce: Ing. Jiří Schimmel, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací MIDI ovladače, který umožňuje vysílání MIDI zpráv pro změnu programu a MIDI zpráv změny hodnoty tzv. průběžného MIDI kontroleru standardního typu. V teoretické části práce je popsána komunikace pomocí MIDI protokolu, její implementace do mikroprocesoru a ovládání řadiče LCD displeje. V praktické části je navrženo zapojení, deska plošných spojů, řídicí program pro mikroprocesor a konstrukce MIDI ovladače.

KLÍČOVÁ SLOVA

MIDI ovladač, Program Change, Control Change, System Exclusive, MIDI zpráva, ATmega16A, Atmel AVR, HD44780

ABSTRACT

This bachelor thesis describes design and implementation of a MIDI controller that will transmit messages to MIDI program change and MIDI continuous messages that the value of the MIDI controller standard type. The theoretical part describes communication using the MIDI protocol, its implementation in microprocessor and controls the LCD controller. The practical part deals with the design and implementation of the MIDI controller. The result of this work is a circuit diagram, PCB, microprocessor control program and construction of MIDI controller.

KEYWORDS

MIDI Controller, Program Change, Control Change, System Exclusive, MIDI message, ATmega16A, Atmel AVR, HD44780

JIRČÍK, Z. Návrh a realizace MIDI ovladače. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2012. 24 s., 12 s. příloh. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Jiří Schimmel, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Návrh a realizace MIDI ovladače jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Schimmelovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Seznam obrázků	viii
Seznam tabulek	ix
Úvod	1
1 Komunikační protokol midi	2
1.1 Rozhraní MIDI.....	2
1.2 Události MIDI.....	3
1.3 Kanály MIDI.....	3
1.4 Zprávy MIDI.....	4
1.5 Typy zpráv	4
1.6 Systémová MIDI data	7
2 Návrh MIDI ovladače	10
2.1 Blokové uspořádání MIDI ovladače	11
2.2 Zobrazovač LCD.....	13
2.3 Rozhraní USART – asynchronní režim	16
2.4 A/D převodník mikrokontroléru ATmega16A	16
3 Realizace MIDI ovladače	17
3.1 Popis zapojení	18
3.2 Program pro mikrokontrolér	20
3.3 Popis funkce.....	21
3.4 Nastavení MIDI ovladače	22
3.5 MIDI zprávy podporované ovladačem	22
4 Závěr	24
Literatura	25

Seznam symbolů, veličin a zkratk	26
Seznam příloh	28

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1:	Elektrické zapojení rozhraní MIDI [2].	3
Obr. 1.2:	Příklad Stavového a Datového MIDI bytu [2].	4
Obr. 1.3:	Struktura MIDI zprávy pro změnu hodnoty kontroleru [1].	5
Obr. 1.4:	Struktura MIDI zprávy pro změnu programu [1].	6
Obr. 1.5:	Struktura MIDI zprávy System Exclusive [1].	8
Obr. 2.1:	Blokové schéma MIDI ovladače.	11
Obr. 2.2:	Řídící signály řadiče HD44780 [7].	13
Obr. 2.3:	Rámec USART se strukturou MIDI zprávy.	16
Obr. 3.1:	Programátor BiProg s ISP rozhraním.	18
Obr. 3.2:	Osazená deska plošných spojů MIDI ovladače.	19
Obr. 3.3:	Osazení konektorů MIDI ovladače.	19
Obr. 3.4:	Rozhraní MIDI ovladače k připojení kontinuálního pedálu.	20
Obr. 3.5:	Vývojový diagram programu pro mikrokontrolér.	21
Obr. 3.6:	Zobrazení aktuálních hodnot na LCD displeji.	22

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1:	Zapojení pinů na konektoru DIN 5 [2].	2
Tab. 1.2:	Seznam MIDI zpráv s přiděleným identifikátorem [2].	5
Tab. 1.3:	Přehled MIDI kontrolerů podle čísla kontroleru [2].	6
Tab. 1.4:	Přehled typů systémových dat [2].	7
Tab. 2.1:	Seznam vývodů mikrokontroléru ATmega16A [6].	12
Tab. 2.2:	Seznam instrukcí řadiče LCD displejů HD44780 [7].	15
Tab. 3.1:	Pořadí přenášených MIDI bytů při přenosu nastavení Systémovou MIDI zprávou.	23

ÚVOD

Hlavním úkolem této práce je návrh a realizace zařízení, které umožní vysílání MIDI zpráv pro změnu programu a MIDI zpráv změny hodnoty tzv. průběžného MIDI kontroleru standardního typu. MIDI je nejčastěji používané rozhraní hudebních zařízení, které umožňuje ovládat velké množství funkcí. Vyniká jednoduchým elektrickým zapojením rozhraní a snadnou implementací MIDI funkcí do mikrokontroléru. Tato práce se zabývá využitím MIDI zpráv pro řízení efektového zařízení. Zařízení je určeno zejména pro hráče na hudební nástroje, jeho využití by se jistě našlo i v hudebním studiu a dalších příležitostech, kde je potřeba ovládat MIDI zařízení na dálku. Tyto ovladače se sice běžně vyskytují na trhu, jejich cena je však značně vysoká. Myšlenkou díla bylo tedy splnit zadání práce a nalézt řešení, které vyhoví uživateli MIDI ovladače, zejména hráči na kytaru. MIDI ovladač realizovat s pokud možno co nejnižšími náklady.

Zařízení bude umožňovat vysílání MIDI zpráv pro změnu programu a změnu hodnoty kontroleru MIDI zařízení. Zprávy budou přepínat přednastavené efekty na MIDI efektovém zařízení. Bude možné řídit úroveň hlasitosti, popřípadě další vlastnosti pomocí kontinuálního pedálu. Výhodou bude možnost uživatelského nastavení hodnot MIDI zpráv přímo na zařízení. Dále provést zálohu a nastavení pomocí PC použitím MIDI systémových zpráv. Na rozdíl od některých konkurenčních zařízení bude možné využít jednoduché analogové spínání dalších zařízení, které ovládání pomocí protokolu MIDI nepodporují. Toho se dá využít k přepnutí kanálu zesilovače či jiného zařízení, které je zapojeno přímo do signálové cesty hudebního nástroje.

V práci je stručně popsán komunikační protokol MIDI pro představu o přenosu, zpracování těchto dat a práce se zprávami MIDI. Hardwarový návrh MIDI ovladače je doplněn výběrem elektronických součástek, programovým zpracováním funkcí ovladače a jeho realizací.

1 KOMUNIKAČNÍ PROTOKOL MIDI

Cílem tohoto rozhraní bylo umožnit uživatelům hudebních zařízení jejich propojení a automatizovat hudební produkci, bez ohledu na výrobce výrobku. Standard v podobě normy MIDI 1.0 byl představen již v roce 1983. Od té doby proběhla ještě další doplnění a úpravy normy.

Sběrnici se přenáší pouze data a řídicí signály pro zařízení, zvukový signál tedy není nijak vystaven nadbytečnému zkreslení a rušení. Řídicí data jsou vyslána při události jako například zmáčknutá klávesa, změna hlasitosti či programu. Tyto signály se mohou uložit v počítači a následně přehrát MIDI zařízením přesně v zaznamenané podobě. [1]

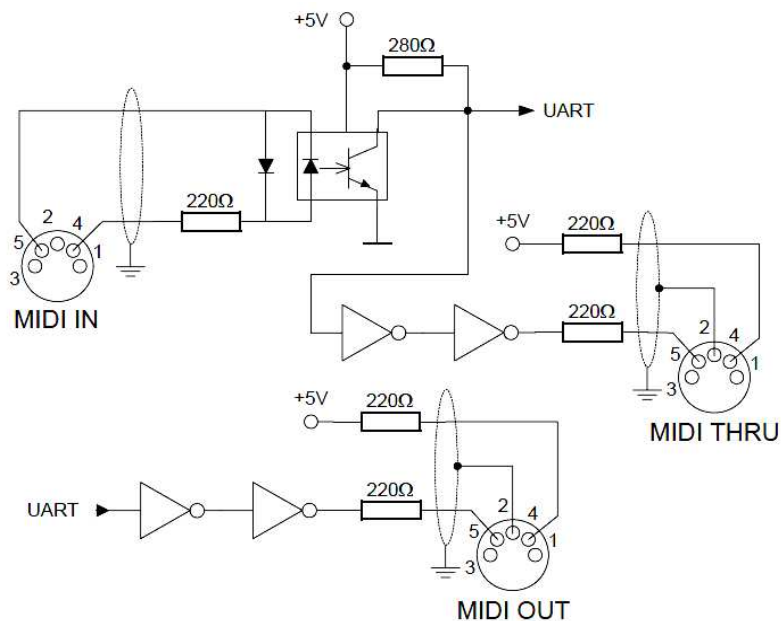
1.1 Rozhraní MIDI

K propojení zařízení se používají tři typy komunikace, ty slouží k příjmu dat (MIDI vstup), odesílání (MIDI výstup) a slučování dat z dalšího zařízení (MIDI Slučování), což se používá ke kaskádnímu propojení více MIDI zařízení.

Sběrnice přenáší data pomocí proudové smyčky. Logické nule odpovídá proud 5 mA. Logickou jedničku určuje proud 0 mA. Používá se asynchronního sériového přenosu bitů tvořících rámec z jednoho start bitu, osmi datových bitů a jednoho stop bitu se symbolovou rychlostí 31,25 kBaudů. Na oba konce MIDI kabelu se používá konektor DIN s pěti kolíky. Data na jednom kabelu mohou proudit pouze jedním směrem, nelze použít zapojené piny 4 a 5 současně na jednom kabelu [2].

Tab. 1.1: Zapojení pinů na konektoru DIN 5 [2].

Číslo pinu	Popis
1	Nezapojen
2	Uzemnění
3	Nezapojen
4	Příjem dat
5	Vysílání dat



Obr. 1.1: Elektrické zapojení rozhraní MIDI [2].

1.2 Události MIDI

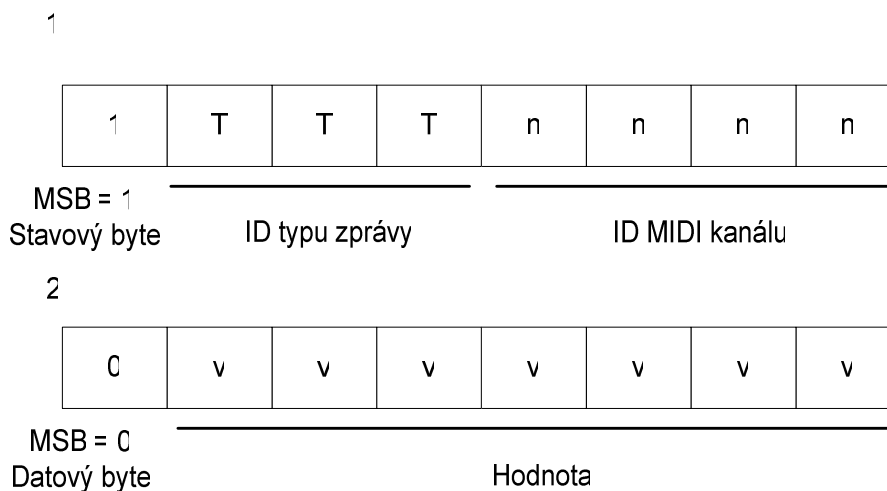
Hudební nástroje vytvářejí zvuk, který je ovládán hudebníkem. Ten určuje, kdy přesně začne znít nota a jak dlouho bude trvat. Tyto události můžeme pomocí MIDI vytvořit zasláním zpráv Nota Zapnuta a poté Nota Vypnuta. Ve zprávě je také zakódováno s jakou dynamikou byl tón zahrán a další informace, které popisují výsledný tón [2].

1.3 Kanály MIDI

Každá vyslaná zpráva MIDI je určena jednomu nebo více zařízením, která jsou nastavena na jejich konkrétní kanál. Tímto způsobem lze směřovat zprávy určeným zařízením. Na jednom portu máme k dispozici kanály 1 až 16, je tedy možné ovládat až 16 zařízení na jednom portu. Některá zařízení disponují více porty než jedním, například při dvou dostupných portech lze řídit 32 přístrojů [1].

1.4 Zprávy MIDI

MIDI zpráva je složena z jednoho stavového bytu a několika datových bytů o velikosti 8 bitů. Tyto MIDI byty se liší hodnotou MSB, je-li MSB=1 jedná se o stavový byte, je-li MSB=0 jedná se datový byte. Z toho vyplývá, že hodnota datového typu může být od 0 do 127.



Obr. 1.2: Příklad Stavového a Datového MIDI bytu [2].

Podle stavového bytu zařízení rozpozná o jaký typ události se jedná a kterému kanálu je zpráva určena. Datový byte v sobě nese hodnotu přiřazenou zvolené události [1].

1.5 Typy zpráv

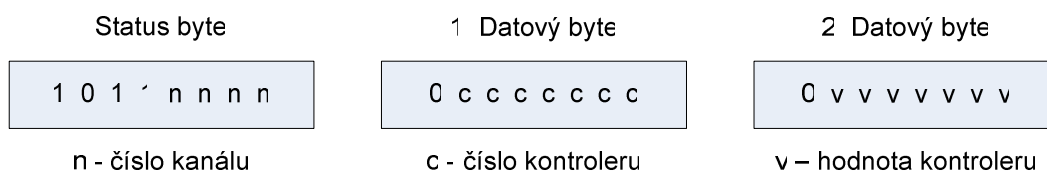
MIDI zprávy se od sebe liší identifikátorem typu zprávy a počtem bytů, které jsou potřeba k předání informace. Každá zpráva představuje změnu chování zařízení, například Note on (nota zapnuta). Typy zpráv zobrazené v tabulce jsou zprávami kanálovými, jsou tedy určeny jednomu nebo více kanálům.

Tab. 1.2: Seznam MIDI zpráv s přiděleným identifikátorem [2].

Typ zprávy	Popis	ID	Počet bytů
Note off	Nota vypnuta	0	2
Note on	Nota zapnuta	1	2
Polyphonic key pressure	Tlaková citlivost	2	2
Control change	Změna kontroleru	3	2
Program change	Změna programu	4	1
Channel pressure	Společná tlaková citlivost	5	1
Pitch bend change	Ohýbání tónu	6	2

Pro nás je nejdůležitější představit si MIDI zprávy pro změnu programu, změnu hodnoty kontroleru a systémové MIDI zprávy. Systémová MIDI zpráva není směřována určitému kanálu.

Zpráva pro změnu hodnoty kontroleru je označena identifikátorem 3 a přenáší informaci o změně hodnoty ovládacího parametru MIDI zařízení. Můžeme jím měnit například hlasitost nebo banku zvuků.



Obr. 1.3: Struktura MIDI zprávy pro změnu hodnoty kontroleru [1].

Může se stát, že potřebujeme ovládat více než 128 hodnot MIDI kontroleru. Pro tuto potřebu jsou u některých kontrolerů určeny dva byty hodnot. Mluvíme tedy o kontroleru s vysokým rozlišením 14 bitů. Byty jsou označovány MSB (Most Significant Byte) a LSB (Least Significant Byte) podle pořadí důležitosti bitů. Celkem může MIDI kontroler nabývat 16384 hodnot [1].

Jednobytové MIDI kontrolery můžeme rozdělit podle typu řízení:

- průběžné: nabývají hodnot v rozsahu 0 až 127. Kontrolery č.8, č.10 a č.11 vycházejí ze střední hodnoty 64, která se zvyšuje či snižuje. Kontroler č.11 Expression ovládá kontinuální pedál, ten nastavuje relativní hodnotu hlasitosti oproti již nastavené hlasitosti.

- spínače: vyskytují se pouze ve stavech zapnuto (hodnoty 0 až 63) a vypnuto (hodnoty 64 až 127).
- inkrementační / dekrementační: funkce je zde stanovena už pouhým přijetím čísla kontroleru, na přenesené hodnotě nezáleží.
- povely: funkce je zde stanovena už pouhým přijetím čísla kontroleru, na přenesené hodnotě nezáleží [1][2].

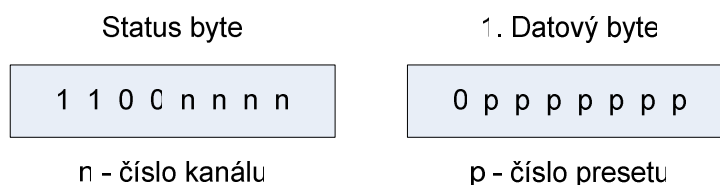
MIDI kontrolery mohou být tedy rozděleny do několika skupin, viz Tab. 1.3.

Tab. 1.3: Přehled MIDI kontrolerů podle čísla kontroleru [2].

Číslo kontroleru	Popis
0 - 31	MSB dat průběžných kontrolerů
32 - 63	LSB dat kontrolerů 0 až 31
64 - 96	jednobitové kontrolery
97 - 101	inkrementace, dekrementace a čísla parametrů
102 - 119	nedefinované jednobitové kontrolery
120 - 127	povely

U kontrolerů s vysokým rozlišením se přenáší nejprve MSB a vzápětí LSB. Přijímač nastaví hodnotu danou MSB, LSB nastaví do hodnoty 0. Po přijetí LSB je nastaven i tento byte do přenesené hodnoty. Tam kde postačuje jednobytové hrubé nastavení, vysíláme pouze MSB. Kde jsou pouze malé změny hodnot, stačí vyslání pouze LSB, hodnotu MSB převezme přijímač z poslední MSB zprávy. Výjimku tvoří kontrolery pro změnu banky programů č.0 a č.32, tam je očekáváno vždy přijetí MSB i LSB hodnot.

Zpráva pro změnu programu je označena identifikátorem 4 a přenáší informaci o čísle programu MIDI zařízení. Můžeme tedy volit mezi 128 programy. Jestliže využijeme volby s možností změny bank programů pomocí zpráv pro změnu hodnoty kontroleru, dostaneme se na počet až 128 x 128 bank o 128 programech. To je jistě dostačující množství [2].



Obr. 1.4: Struktura MIDI zprávy pro změnu programu [1].

1.6 Systémová MIDI data

Tyto zprávy mají identifikátor stavového bytu 7. Nejsou směrovány kanálům, jako to bylo u předchozích typů zpráv. Spodní nibble stavového bytu vyjadřuje jednu z 16 typů systémových dat.

Tab. 1.4: Přehled typů systémových dat [2].

Typ systémových dat	Popis	ID	Počet bytů
System Exclusive	Začátek SysEx	F0	-
MTC Quarter Frame	Rámec synchronizace	F1	1
Song Position Pointer	Ukazatel pozice skladby	F2	2
Song Select	Volba skladby	F3	1
-	-	F4	-
-	-	F5	-
Tune Request	Žádost o naladění	F6	0
End of Exclusive	Konec SysEx dat	F7	
Timing clock	Časovací impuls	F8	
-	-	F9	-
Start	Start synchronizace	FA	0
Continue	Pokračování synchronizace	FB	0
Stop	Konec synchronizace	FC	0
-	-	FD	-
Active Sensing	Aktivní snímání	FE	0
System Reset	Reset systému	FF	0

Systémová MIDI data se dělí na Společná systémová data a Zvláštní systémová data. Společná systémová data jsou standardizována MIDI normou a jsou určena pro komunikaci mezi všemi MIDI zařízeními.

Zvláštní systémová data (System Exclusive, zkráceně SysEx) jsou určena pro specifické potřeby daného zařízení nebo skupiny zařízení a jejich využití a formát je zcela na výrobci daného zařízení. Mají stavový byte \$F0 a předem neurčený počet datových bytů. Jedná se o blok datových bytů, který je zakončen MIDI zprávou End Of SysEx (viz výše). Blok SysEx dat nesmí být přerušen žádnou jinou MIDI zprávou s výjimkou MIDI zpráv reálného času.

Přijetí jiného stavového bytu je považováno za ukončení bloku SysEx dat.

V MIDI systému se ale může vyskytovat více MIDI zařízení, proto je nutné, aby blok SysEx dat obsahoval identifikaci, pro které zařízení je určen. Proto MIDI norma definuje záhlaví SysEx dat, které identifikuje zařízení podle dvou identifikátorů:

1) ID Number je identifikační číslo výrobce zařízení. Aby se předešlo konfliktům, přidělují tato čísla organizace MMA a JMSC. Původně jednobytový identifikátor byl rozšířen na tříbytový. Pokud zařízení při přijetí bloku SysEx dat najde na místě identifikátoru \$00 ví, že se jedná o tříbytový identifikátor a přečte následující dva datové byty jako identifikátor výrobce. V tab. 1.9 je uveden systém přidělování identifikátorů výrobce mezi geograficky rozlišené skupiny výrobců. Identifikátor \$7D je určen pro nekomerční účely, identifikátory \$7E a \$7F pro tzv. univerzální zvláštní systémová data (viz dále).

2) Device ID je identifikátor zařízení, který je určen k rozlišení více zařízení od jednoho výrobce zapojených v jednom MIDI systému. Má podobnou funkci jako MIDI kanál – SysEx data jsou přijata pouze zařízením se stejným identifikátorem. Proto je někdy označován také jako subkanál. Na MIDI zařízeních má uživatel možnost tento identifikátor nastavit nebo je odvozen od čísla základního MIDI kanálu. Narozdíl od čísla MIDI kanálu může být subkanál v rozsahu 0 až 127. MIDI norma umožňuje rozšíření tohoto identifikátoru o další dva datové byty označené sub-ID#1 a sub-ID#2. V takto rozšířeném identifikátoru se většinou používají dva byty pro identifikátor výrobku a jeden pro subkanál. Hodnota \$7F je vyhrazena jako identifikátor pro všechna zařízení [2].

Na Obr. 1.5 je uvedena struktura bloku SysEx dat. Po stavovém bytu System Exclusive následuje jedno nebo tříbytový identifikátor výrobce, identifikátor zařízení a popřípadě sub-identifikátory. Struktura vlastního datového bloku je na výrobci zařízení. Datový blok bývá často ukončen kontrolním součtem (součet všech datových bytů modulo 128), aby přijímač mohl rozeznat, že během přenosu došlo k chybě a vyžádat si opakování přenosu. Celý blok je ukončen stavovým byte End Of SysEx [2].

\$FC	ID number	device ID	sub ID#1	sub ID#2	Přenášená data	checksum	\$F7
------	--------------	-----------	----------	----------	----------------	----------	------

Obr. 1.5: Struktura MIDI zprávy System Exclusive [1].

Přijímače MIDI dat jsou zařízení, která zpracují MIDI zprávy, dokáží je vyhodnotit a provedou příslušnou událost. Po přijmutí zprávy například přepnou program, zahrají notu nebo celou skladbu. Přijímače, které jsou vybaveny zvukovým syntezátorem, se nazývají expandery.

Již bylo zmíněno, že rozhraní MIDI obsahuje konektory Vstupu, Výstupu a Průchozí, pomocí kterých lze mezi sebou propojovat elektronické hudební nástroje. Rozeznáváme přijímače a vysílače MIDI dat, sekvencery a kombinovaná zařízení. Pro propojení více jak dvou MIDI zařízení mezi sebou máme řadu možností, je nutné ale dodržovat určité zásady.

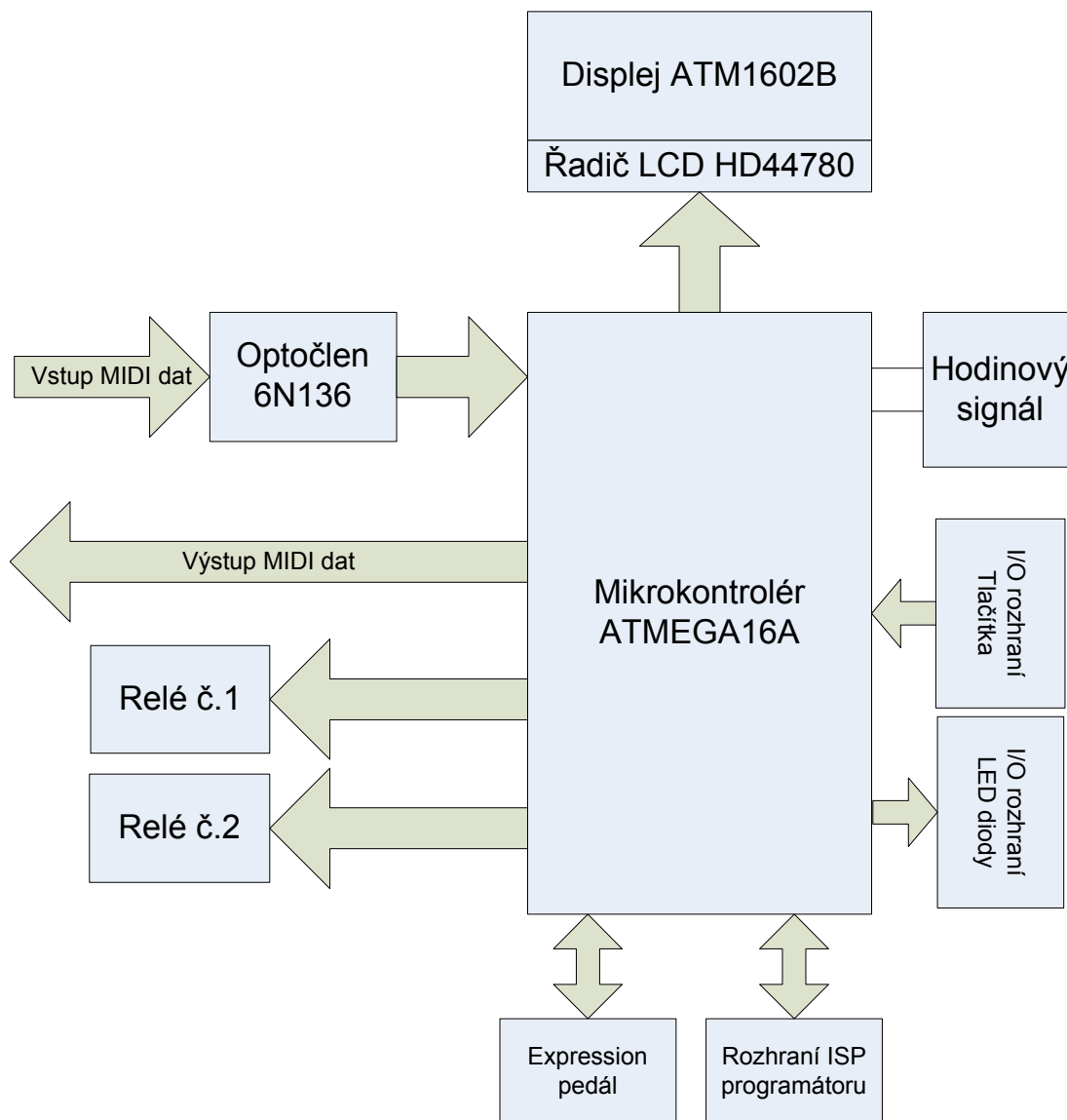
Protokol MIDI lze využít k mnoha účelům, nejen k řízení hudební elektroniky. Zcela běžnou oblastí využití je řízení studiové elektroniky, např. záznamových zařízení a efektových procesorů. MIDI zprávu pro změnu hodnoty kontroleru lze využít k nastavování parametrů, zprávu změny programu ke změně souborů nastavení uložených v paměti, atd. Běžně je například využíván k řízení osvětlovací techniky. Existují obousměrné převodníky protokolu MIDI na protokol DMX, který je standardem pro řízení osvětlovací techniky [2].

2 NÁVRH MIDI OVLADAČE

Na základě potřeby velkého počtu vstupně/výstupních vývodů, sériového asynchronního portu, paměti EEPROM a analogově/číslicového převodníku byl zvolen mikrokontrolér ATmega16A, který je dobře dostupný a má nízkou pořizovací cenu. Na vstupně/výstupní porty je třeba připojit všechna ovládací tlačítka ovladače, kontrolní LED diody, ovládání relé, řízení LCD displeje. Celkem je tedy potřeba 14 vstupně/výstupních pinů pro potřeby tlačítek, kontrolky a relé. Pro LCD displej je vyhrazen samostatný osmibitový port. K ovládání LCD jsou zapotřebí minimálně 3 řídicí vodiče a 4 datové vodiče, celkem tedy využijeme 7 vývodů osmibitového portu mikrokontroléru. Dále budou využity vývody univerzálního synchronně/asynchronního sériového portu USART, jeden vývod A/D převodníku a vývody nutné k naprogramování ISP programátorem.

K ovládání bude sloužit 5 tlačítek pro výběr programu MIDI zařízení a 2 tlačítka pro výběr banky tlačítek. Napájecí napětí bylo zvoleno stabilizovaných +5 V. Zobrazovací jednotka MC1602E-SBL/H disponuje dvouřádkovým LCD displejem s 16 zobrazovacími znaky na každém řádku. Výhodou je, že modul obsahuje integrovaný řadič pro ovládání LDC displeje HD44780.

2.1 Blokové uspořádání MIDI ovladače



Obr. 2.1: Blokové schéma MIDI ovladače.

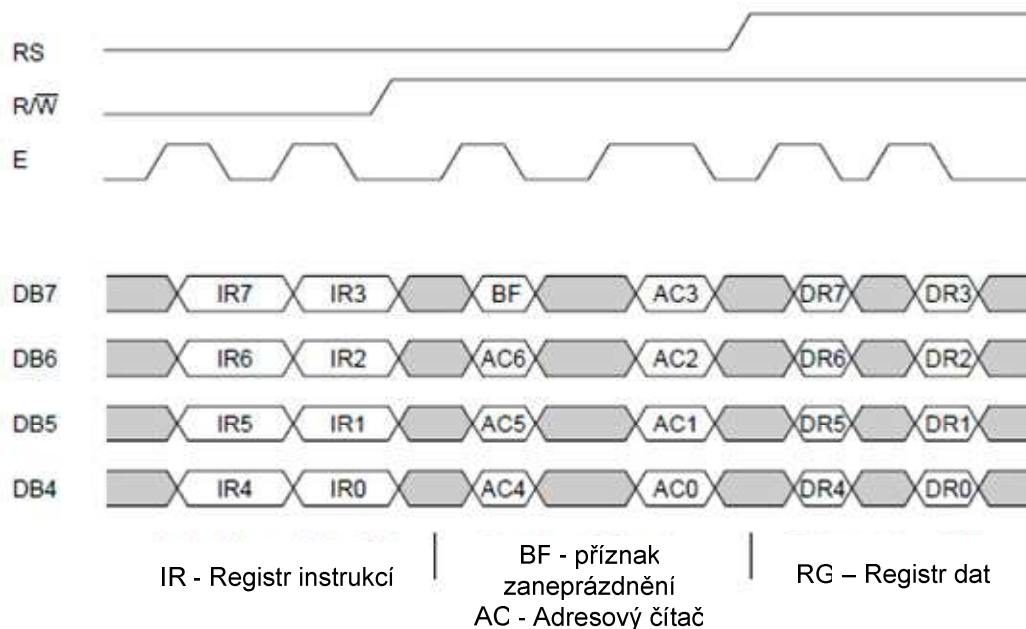
Tab. 2.1: Seznam vývodů mikrokontroléru ATmega16A [6].

Označení vývodu	Popis vývodu
$\overline{\text{RESET}}$	Nulování mikrokontroléru
XTAL1, XTAL2	Připojení ext. oscilátoru
AREF	Referenční napětí A/D převodníku
AVCC	Napájení pro A/D převodník
GND	Uzemnění = 0 V
VCC	Napájení = +5 V
ADC0 - ADC7	A/D převodník
SCK	Hodinový signál SPI kanálu
MISO	Master In/Slave Out SPI
MOSI	Master Out/Slave In SPI
SS	Slave Select SPI kanálu
AIN1, AIN0	Vstupy komparátoru
T1, T0	Vstup čítače/časovače
XCK	Hodinový signál pro USART
INT0 – INT2	Vnější přerušení
TOSC1, TOSC2	Hodinový signál čítače/časovače
TDI	Vstup JTAG rozhraní
TDO	Výstup JTAG rozhraní
TMS	Výběr režimu JTAG rozhraní
TCK	Hodinový signál JTAG rozhraní
SDA	Datový signál TWI rozhraní
SCL	Hodinový signál TWI rozhraní
OC0 – OC2	Output compare čítače/časovače
TXD	Vysílací port USART
RXD	Přijímací port USART

ATmega16A je osmibitový mikrokontrolér, pracující na architektuře RISC (Reduced Instruction Set Computer). Mikrokontrolér je vybaven osmibitovým čítačem/časovačem, zabudovaným RC oscilátorem, asynchronním/synchronním sériovým portem USART, desetibitovým A/D převodníkem s několika režimy převodu. SPI rozhraní určené k programování či komunikaci se sběrnici I2C, JTAG umožňující ladění programu přímo v aplikaci.

2.2 Zobrazovač LCD

Naprostá většina LCD displejů pracuje s jedním nebo více řadiči HD44780 či jejich kompatibilními náhradami. Vyrábí se displeje od 1x8 znaků do 4x40 znaků. Řízení probíhá pomocí tří vodičů E, RS a R/W. Pin RS slouží k výběru mezi zápisem dat nebo instrukcí. R/W (Read/Write) určuje, jestli budeme na displej zapisovat, nebo z něho číst. E (Enable) slouží ke spuštění přenosu dat. HD44780 může ovládat zobrazovač o maximálním počtu 80 znaků, pro více znaků je potřeba využít dva řadiče HD44780. Přenos dat probíhá obdobně jako s jedním řadičem, avšak mezi řadiči přepínáme pomocí pinů E1 a E2, z nichž každý ovládá část displeje. Ostatní piny jsou společné pro oba řadiče.



Obr. 2.2: Řídící signály řadiče HD44780 [7].

Na obrázku Obr. 2.2 vidíme příklad komunikace čtyřbitového zapojení. Po připojení napájení k displeji nebo resetu je potřeba dodržet několik rutinních nastavení. Příklad takového nastavení:

- Vymazání displeje
- Nastavení parametrů displeje:
 - $DL = 1$; osmibitová komunikace
 - $N = 0$; jednořádkový displej
 - $F = 0$; 5x8 zobrazovacích bodů v jednom znaku
- Nastavení stavu displeje:
 - $D = 0$; Displej vypnut
 - $C = 0$; Kurzor vypnut
 - $B = 0$; Blikání kurzoru vypnuto
- Výběr přístupového módu:
 - $I/D = 1$; Inkrementace
 - $S = 0$; Bez posunu

Datová komunikace může probíhat po 8 nebo 4 datových vodičích. Při použití 4 vodičového zapojení musíme piny DB0 – DB3 uzemnit. Pro čtyřbitovou komunikaci je zapotřebí nejprve provést inicializaci vysláním inicializačního bytu, poté již posíláme data pouze čtyřbitově. Nejprve se vyšle horní polovina bytu na piny DB4 – DB7 a potvrdí se kladným impulsem signálu E, poté zbývající část bytu, která se opět potvrdí signálem E [7].

Tab. 2.2: Seznam instrukcí řadiče LCD displejů HD44780 [7].

Význam instrukce	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Délka
smaže disp. a nastaví kurzor na začátek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,64 ms
nastaví kurzor na začátek	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	1,64 ms
smer posuvu kurzoru I/D (0=vlevo, 1=vpravo), posuv textu S (0=ne, 1=ano)	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	40 μ s
D - zapne displej, C - zapne kurzor, B - zapne blikání kurzoru	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	40 μ s
1x posune (S/C=0 kurzor, S/C=1 text) smerem (R/L=0 vlevo, R/L=1 vpravo)	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	-	-	40 μ s
inicializace: DL=0 4-bit, DL=1 8-bit mód N=0 jednořádkový, N=1 dvouřádkový disp. F=0 font 5x8, F=1 font 5x10	0	0	0	0	1	DL	N	F	-	-	40 μ s
přepnutí na zápis do CGRAM	0	0	0	1	adresa v CGRAM						40 μ s
přepnutí na zápis do DDRAM	0	0	1	adresa v DDRAM						40 μ s	
čtení příznaku BF (BF=0 příjem povolen, BF=1 zaneprázdněn), čtení adresy v DDRAM	0	1	BF	adresa v DDRAM						0 μ s	
zápis dat do CGRAM nebo DDRAM	1	0	data						40 μ s		
čtení dat z CGRAM nebo DDRAM	1	1	data						40 μ s		

2.3 Rozhraní USART – asynchronní režim

Toto rozhraní umožňuje mikrokontroléru využívat sériovou komunikaci s jinými zařízeními. Rozhraní je možné provozovat v synchronním nebo asynchronním režimu.

V synchronní režimu jsou data vysílána neustále po blocích. Mezi bloky dat se objevují synchronizační symboly. Je využíván signál odvozený od synchronizačního signálu CLK mikroprocesoru.

Při použití asynchronního režimu jsou vysílána data v libovolném čase. Přijímací a vysílací zařízení nemusí být synchronizována hodinovým signálem. Data se přenáší v podobě rámece. Přenosový rámeček tvoří start bit, 5 až 9 datových bitů, paritní bit a jeden nebo dva stop bity [3].

Start bit	LSB	Data	Data	Data	Data	Data	Data	MSE	Stop bit
-----------	-----	------	------	------	------	------	------	-----	----------

Obr. 2.3: Rámeček USART se strukturou MIDI zprávy.

2.4 A/D převodník mikrokontroléru ATmega16A

Mikrokontrolér ATmega16A je vybaven desetibitovým analogově/digitálním převodníkem pracujícím na principu postupné aproximace. A/D převodník má oddělené napájecí přírady napájecího napětí a uzemnění. Lze zvolit mezi interní napěťovou referencí 2,56 V a přivedením vlastního referenčního napětí.

Převodník je možné provozovat v režimu, kdy je 8 multiplexovaných kanálů měřeno vůči zemi. Dále v režimu 7 diferenčních kanálů nebo 2 diferenčních vstupů s volitelným zesílením. Obvod A/D převodníků potřebuje pro svou funkci hodinový signál s kmitočtem od 50 kHz do 200 kHz. Při menším rozlišení než 10 bitů můžeme použít i vyšší frekvenci hodinového signálu. Rychlost převodu lze nastavit předděličkou vstupního kmitočtu. Dělit můžeme hodnotami 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128. Po dokončení převodu se výsledná hodnota uloží do dvou výstupních osmibitových registrů ADCL a ADCH. Konečná hodnota ADC je vypočtena dle vzorce (1), kde U_{VST} je převáděné napětí a U_{REF} je referenční napětí převodníku [6].

$$ADC = \frac{U_{VST} \cdot 1023}{U_{REF}} \quad (1)$$

3 REALIZACE MIDI OVLADAČE

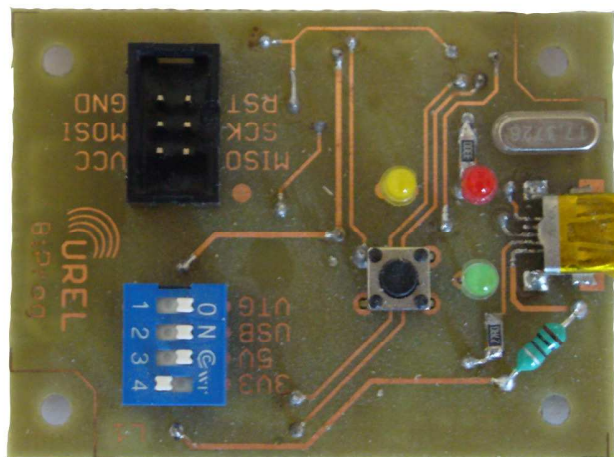
Jako základ zařízení byl zvolen mikrokontrolér ATMEGA16A od firmy Atmel. Zobrazovací jednotkou byl zvolen dvouřádkový LDC displej s dobrou viditelností. Mikrokontrolér dále spolupracuje s tlačítky, LED diodami a relé.

Programovací jazyk byl zvolen ANSI-C, který je v dnešní době hojně používaný k programování mikrokontrolérů. Dříve zmiňovaná nižší účinnost a vyšší potřebné místo v paměti způsobené dvojí kompilací jazyka ANSI-C jsou při existenci dnešních výkonných procesorů a pamětí nerelevantní. Psaní programu většího rozsahu pomocí programovacího jazyka Assembler by bylo zdlouhavé a méně přehledné, k některým aplikacím je však výbornou volbou.

K psaní programu pro aplikaci bylo vybráno vývojové IDE prostředí Atmel AVR Studio 4, které je k dispozici jako freeware verze. Toto vývojové prostředí ovšem neumožňuje samostatně pracovat s programovacím jazykem C, je tedy nutné nainstalovat kompilátor jazyků C/C++ soubor nástrojů WinAVR, který je také bezplatný. V AVR Studiu máme integrované simulační prostředí určené k ladění a krokování programu. Disponuje také prostředím pro naprogramování mikrokontrolérů.

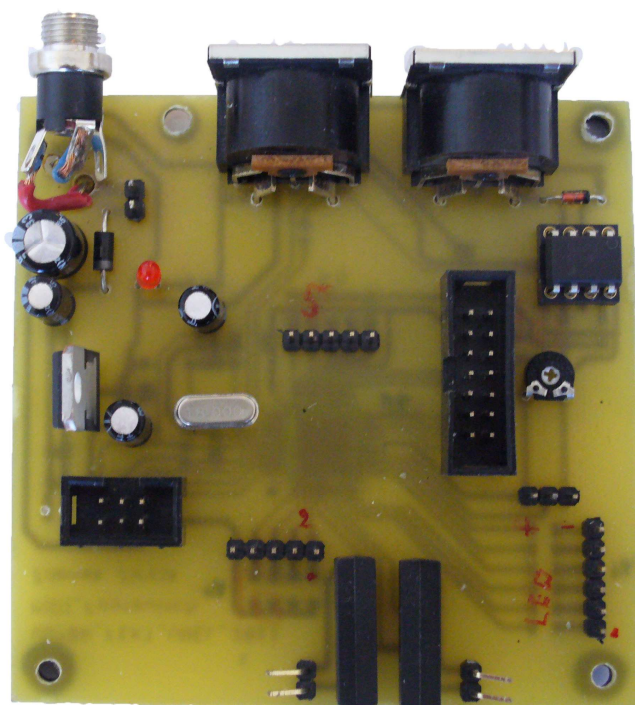
Byl zvolen univerzální programátor s ISP rozhraním BiProg. Ten umožňuje programovat mikrokontroléry firmy Atmel řady AVR a 51. Lze ho ovládat přímo z prostředí AVR Studia v režimu STK500. BiProg je ISP programátor upravený Ing. Alešem Povalečem pro vývoj aplikací na UREL.

3.1 Popis zapojení



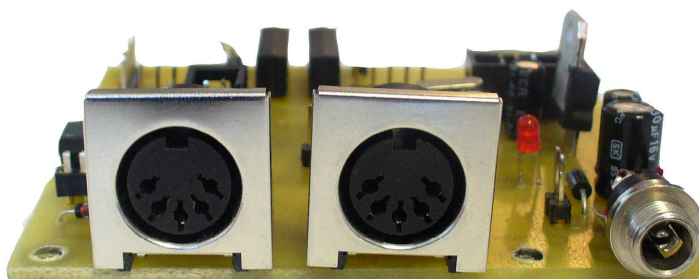
Obr. 3.1: Programátor BiProg s ISP rozhraním.

Mikrokontrolér byl zvolen podle počtu potřebných pinů a velikosti paměti s ohledem na nízkou cenu. Jako resetovací kondenzátor v zapojení slouží C1. Oscilátor Q3 byl zvolen krystalový vnější z důvodu stability kmitočtu. Dioda LED2 indikuje připojení napájecího napětí. Přijátá data vstupním konektorem DIN5 IN DATA jsou elektricky oddělená optočlenem 6N135 a dále vstupují do RxD pinu mikrokontroléru. Vstupní konektor není uzemněn kvůli možnému vzniku zemní smyčky. Data vysílaná mikrokontrolérem již přímo vstupují přes rezistor R2 do výstupního konektoru DIN5 DATA OUT. Na konektor SV2 je přivedeno ISP rozhraní, které slouží ke komunikaci s programátorem. Během programování je možné aplikaci napájet z programátoru. Konektor CON1 je určen k připojení LCD displeje, trimrem P1 nastavujeme kontrast displeje. Dále jsou vyvedeny I/O porty mikrokontroléru určené k obsluze tlačítek JP3 a ovládání informačních LED diod JP2. Nevyužité piny z PORTu B jsou vyvedeny na konektor JP4. K připojení kontinuálního pedálu je určen konektor K1, který je zapojen na pin ADC7. Je zde využito integrovaného A/D převodníku, který snímanou polohu pedálu převede na digitální hodnotu. K dispozici je také dvojice relé, která mohou spínat zařízení nepodporující MIDI protokol, například kanály analogového zesilovače.



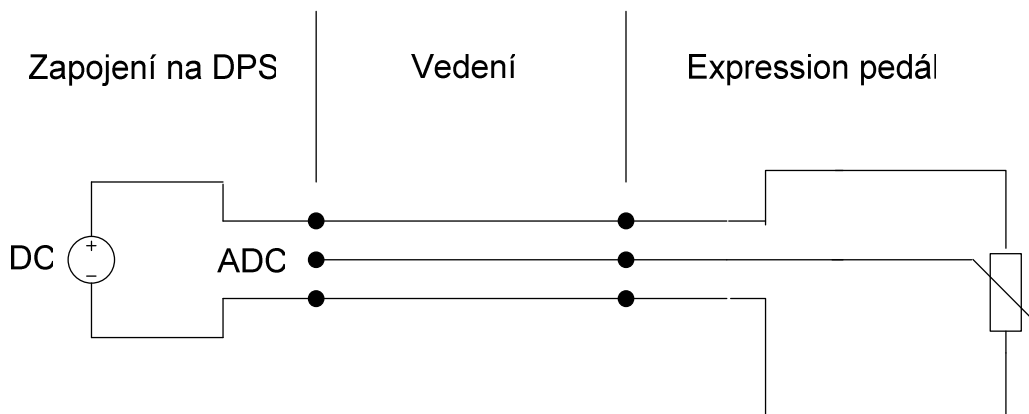
Obr. 3.2: Osazená deska plošných spojů MIDI ovladače.

Zařízení je napájeno stejnosměrným zdrojem s napětím 6 V až 9 V na výstupu. Napětí ze zdroje je přes vypínač přivedeno na vstup stabilizátoru napětí 5 V. Jsou zde přítomny filtrační kondenzátory k vyhlazení napětí.



Obr. 3.3: Osazení konektorů MIDI ovladače.

K zařízení může být zapojen jakýkoliv pedál, který má vnitřní zapojení viz. Obr. 3.4 s konektorem STEREO JACK 6,3 mm. Pedál je zapojen jako odporový dělič, jehož hodnotu snímá A/D převodník mikrokontroléru.



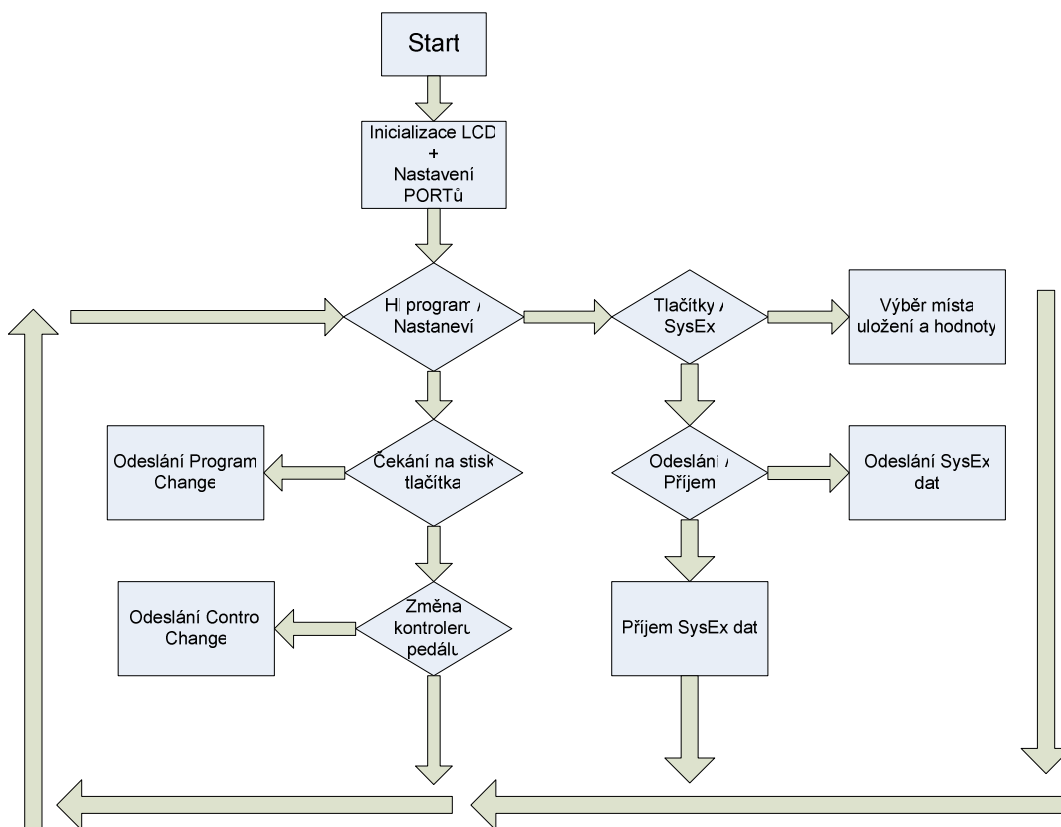
Obr. 3.4: Rozhraní MIDI ovladače k připojení kontinuálního pedálu.

3.2 Program pro mikrokontrolér

Po startu programu proběhne inicializace LCD displeje, nastavení Portů a nastavení A/D převodníku mikrokontroléru. V hlavní smyčce programu je testováno 7 tlačítek a čtena hodnota A/D převodníku. Je-li zjištěno stlačení tlačítka, proběhne kontrola podprogramem, který odhalí zákmitý a vyhodnotí stisk. Následně je provedeno odeslání MIDI zprávy pomocí rozhraní USART, posun v bance programů a případné sepnutí relé. Program pokračuje přečtením hodnoty A/D převodníku a při změně jeho hodnoty se vyše MIDI zpráva změny hodnoty kontroleru.

Pokud program vyhodnotí při startu programu stlačené první tlačítko, následuje programová smyčka nastavení. Následuje čekací smyčka výběru nastavení tlačítka nebo pomocí Systémových zpráv. Výběr tlačítka je tvořen nastavovacím cyklem, kdy čekáme na volbu měněného programového tlačítka, dále inkrementační smyčkou navolíme hodnotu programu, následně nastavíme relé. Po potvrzení se cyklus opakuje s možností nastavení dalších programových tlačítek. V nastavení SysEx zprávou program čeká na příchozí data portu USART. Získaná data uloží do EEPROM paměti.

Na obrázku Obr. 3.5 můžete vidět zjednodušené členění programu pro mikrokontrolér.



Obr. 3.5: Vývojový diagram programu pro mikrokontrolér.

3.3 Popis funkce

Když zapneme zařízení bez stisknutí kteréhokoliv tlačítka, zařízení se dostane do běhu hlavního programu. Celkově se zde nachází 80 pozic pro uložení hodnot pro zprávy změny programu. Jsou rozděleny po 5 pozicích v každé z 16 bank. V tomto stavu můžeme volit stiskem tlačítka 1 - 5 vyslání MIDI zprávy s hodnotou uloženou pod příslušným číslem tlačítka (v tomto případě volíme tlačítka hodnoty uložené v paměti pod č.0 až č.4). Chceme-li vyslat hodnotu uloženou v paměti na vyšší pozici než je pozice č.4, je nutné změnit banku efektů. Banka efektů se mění pomocí dvou tlačítek umístěných v rovině displeje. Po stisku tlačítka zvýšení banky můžeme volit hodnoty uložené pod čísly paměti 5 až 9. Stejně tak po snížení banky z výchozího stavu programu můžeme volit hodnoty uložené pod čísly paměti 75 až 79. Je-li u dané volby presetu nastaveno sepnutí relé, sepne se i jedno z dvojice umístěných relé. Nezávisle na odesílání MIDI zpráv změny programu zařízení sleduje polohu pedálu a při změně vysílá MIDI zprávy změny hodnoty kontroleru s hodnotou odpovídající poloze.

LCD displej zobrazuje číslo naposled stisknutého tlačítka a hodnotu MIDI zprávy pro změnu programu, která byla vyslána. Dále zobrazuje číslo aktivní paměťové banky a aktuální hodnotu polohy kontinuálního pedálu. Je-li sepnuto relé, zobrazí se na displeji u značky R číslo sepnutého relé.



Obr. 3.6: Zobrazení aktuálních hodnot na LCD displeji.

3.4 Nastavení MIDI ovladače

Nabídku nastavení získáme stisknutím tlačítka číslo 1 současně při zapnutí přístroje a jeho podržením po dobu cca 2 vteřiny. Zobrazí se nabídka, kde je možno zvolit mezi nastavením tlačítka přímo na ovladači nebo pomocí SysEx zpráv zaslaných z PC. Nastavení tlačítka nám poskytuje možnost rychlého výchozího nastavení, kde se na presety číslo 1 až 128 uloží MIDI hodnoty 0 až 127. Relé však nejsou nastavena. Lze je však dodatečně nastavit v podrobném nastavení. To nám umožňuje na kteroukoliv efektovou pozici uložit MIDI hodnotu, kterou si nastavíme inkrementací/dekrementací pomocí tlačítek bank.

3.5 MIDI zprávy podporované ovladačem

Ovladač tedy umí posílat MIDI zprávy pro změnu programu, zprávy změny hodnoty kontroleru a v souvislosti se zálohou paměti a nastavením systémové MIDI zprávy. MIDI kanál je pevně nastaven na číslo 1. Zprávy typu Program Change a Control Change jsou dány MIDI normou.

MIDI systémové zprávy zde použité však mají atypické uspořádání, které je použito na přenos hodnot z paměti EEPROM mikrokontroléru.

Tab. 3.1: Pořadí přenášených MIDI bytů při přenosu nastavení Systémovou MIDI zprávou.

Pořadí přenášených MIDI bytů	Byte nabývá hodnot	Poznámka
1	\$F0	SysEx Start
2	\$7D	ID Number
3	\$7F	ID Device
4	\$01	Sub ID
5	\$00 - \$7F	Hodnota PC
6	\$00 - \$7F	Hodnota PC
7	\$00 - \$7F	Hodnota PC
.	.	.
.	.	.
.	.	.
83	\$00 - \$7F	Hodnota PC
84	\$00 - \$7F	Hodnota PC
85	\$00 - \$02	Relé
83	\$00 - \$02	Relé
84	\$00 - \$02	Relé
.	.	.
.	.	.
.	.	.
163	\$00 - \$02	Relé
164	\$00 - \$02	Relé
165	\$F7	Stop SysEx

4 ZÁVĚR

Úkolem práce bylo navrhnout a realizovat MIDI ovladač, který bude vysílat MIDI zprávy pro změnu programu a MIDI zprávy změny hodnoty tzv. průběžného MIDI kontroleru standardního typu. Ovladač umožňuje nastavení funkce ovládacích prvků pomocí tlačítek na zařízení nebo pomocí systémových zpráv protokolu MIDI.

MIDI ovladač byl navržen pomocí návrhového prostředí EAGLE 5.11, kde bylo vytvořeno schéma zařízení a následně design desky plošných spojů. Ovladač je umístěn na jedné desce, ke které jsou připojeny modul LCD displeje, tlačítka, kontrolní LED diody a relé. Základem zapojení je mikrokontrolér ATmega16A, který byl naprogramován ve vývojovém programu AVR Studio 4.8 jazykem ANSI-C. Zařízení je umístěno do kovové krabice vlastní konstrukce. Jsou zde k dispozici konektory MIDI Výstup, MIDI Vstup, Vstup kontinuálního pedálu, Výstup relé č.1, Výstup relé č.2 a napájecí konektor.

MIDI ovladač umí vyslat MIDI zprávy pro změnu programu, MIDI zprávy změny hodnoty tzv. průběžného MIDI kontroleru standardního typu, které jsou odesílány jako reakce na pohyb kontinuálního pedálu. Funkce ovládacích prvků je možné programovat pomocí tlačítek a LCD displeje přímo v zařízení nebo dálkově pomocí systémových MIDI zpráv. Zařízení také umožňuje uložení několika různých nastavení v interní paměti a jejich externí zálohování pomocí systémových MIDI zpráv. Hodnota poslední vyslané MIDI zprávy pro změnu programu, aktuální snímaná poloha kontinuálního pedálu, stav sepnutých relé a hodnota banky pro volbu programů jsou zobrazovány na LCD.

Oproti zadání byl ovladač rozšířen o možnost sepnutí jednoho ze dvou relé při stisku volby programu. Vzhledem k tomu že předpokládáme spínání tlačítek nohou, by bylo vhodné zaměnit stávající typ tlačítek za více odolný. Zajímavým doplňkem uživatelského rozhraní by mohl být také rotační enkodér, kterým by se usnadnilo nastavení zařízení, případně rychlý výběr efektů.

LITERATURA

- [1] GUÉRIN, Robert. *Velká kniha MIDI: standardy, hardware, software*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2004, 340 s.
- [2] SCHIMMEL, J. *Komunikační rozhraní MIDI*. Elektronické skriptum. Brno: FEKT VUT v Brně, 2009.
- [3] MATOUŠEK, David. *Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR: [měření, řízení a regulace pomocí několika jednoduchých přípravků]*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006
- [4] MANN, Burkhard. *C pro mikrokontroléry: ANSI-C, kompilátory C, spojovací programy - linkery, práce s ATMEL AVR a MSC-51, příklady programování v jazyce C, nástroje pro programování, tipy a triky*. Vyd. 1. Praha: BEN, 2003.
- [5] GALLAGHER, M. *The Music Tech Dictionary*. Boston: Course Technology, 2009.
- [6] *Datasheet ATmega16A: 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash* [online]. 2009 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc8154.pdf>
- [7] *Datasheet ATM1602B*: [online]. 2009 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/513/513-128/dsh.513-128.1.pdf>

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

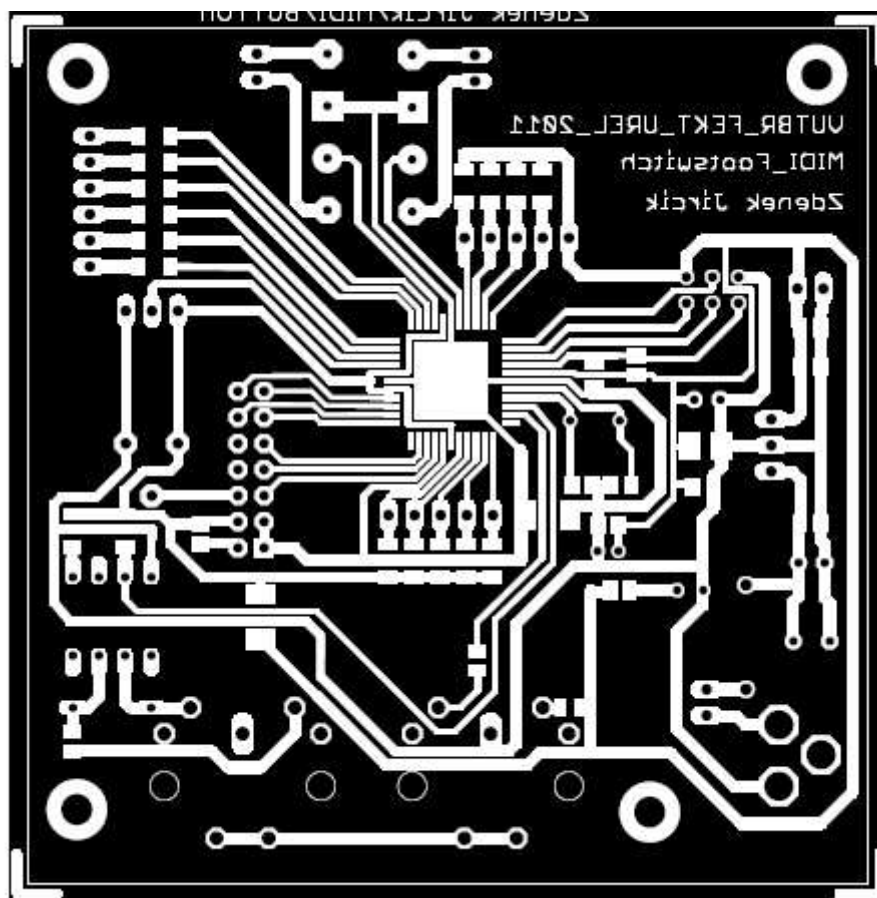
<i>I</i>	Proud v časové oblasti	- jednotka A (Ampér)
<i>SR</i>	Symbolová rychlost	- jednotka Baud
DIN	Deutsche Industrie Norm	- Německá průmyslová norma
MSB	Most Significant Bit	- Nejvýznamnější bit
LSB	Least significant bit	- Nejméně významný bit
ID	Identifikátor	
<i>n</i>	číslo kanálu	
<i>c</i>	číslo kontroleru	
<i>v</i>	hodnota kontroleru	
T	ID stavového nibble	
<i>p</i>	číslo presetu	
SysEx	System Exclusive	- Systémová MIDI data
MTC	MIDI time code	- Časový kód MIDI
MMA	Midi Manufacturers Association	- Sdružení výrobců MIDI
JMSC	Japan MIDI Standard Committee	- Japonská komise MIDI standardu
DMX	Protokol zabývající se řízením světelné techniky	
LCD	Liquid crystal display	- Displej s tekutými krystaly
E	Enable	
RS	Volba instrukcí a dat	
R/W	Read/Write	- Čtení a zápis dat
DB	Data Bit	- Datový bit
CGRAM	Paměť s uloženými vlastními znaky řadiče HD44780	
LED	Light emitting diode	- Dioda se světelnou emisí
ANSI	American National Standards Institute	
IDE	Integrated development environment	

ISP	In-System Programming	- Programování uvnitř obvodu
STK500	Režim programátoru AVR	
A/D	Analog/Digital	- Analogově – digitální
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory	
R	Rezistor	
C	Kondenzátor	
PC	Personal Computer	- Osobní počítač
I2C	Inter-Integrated Circuit	- Sériová sběrnice Master, Slave
JTAG	Joint Test Action Group	- Protokol testování log. obvodů
SPI	Serial Peripheral Interface	- Sériové periferní rozhraní
RC	Článek typu Rezistor – Kondenzátor	
USART	Universální synchronně asynchronní sériové rozhraní	
RISC	Reduced Instruction Set Computer	- Redukovaná instrukční sada
ADC	Výstupní hodnota desetibitového Analogově digitálního převodníku	
ADCL	Spodních 8 bitů hodnoty Analogově digitálního převodníku	
ADCH	Horní 2 bity hodnoty Analogově digitálního převodníku	
U _{REF}	Referenční napětí	- jednotka V (Volt)
U _{VST}	Vstupní napětí	- jednotka V (Volt)

SEZNAM PŘÍLOH

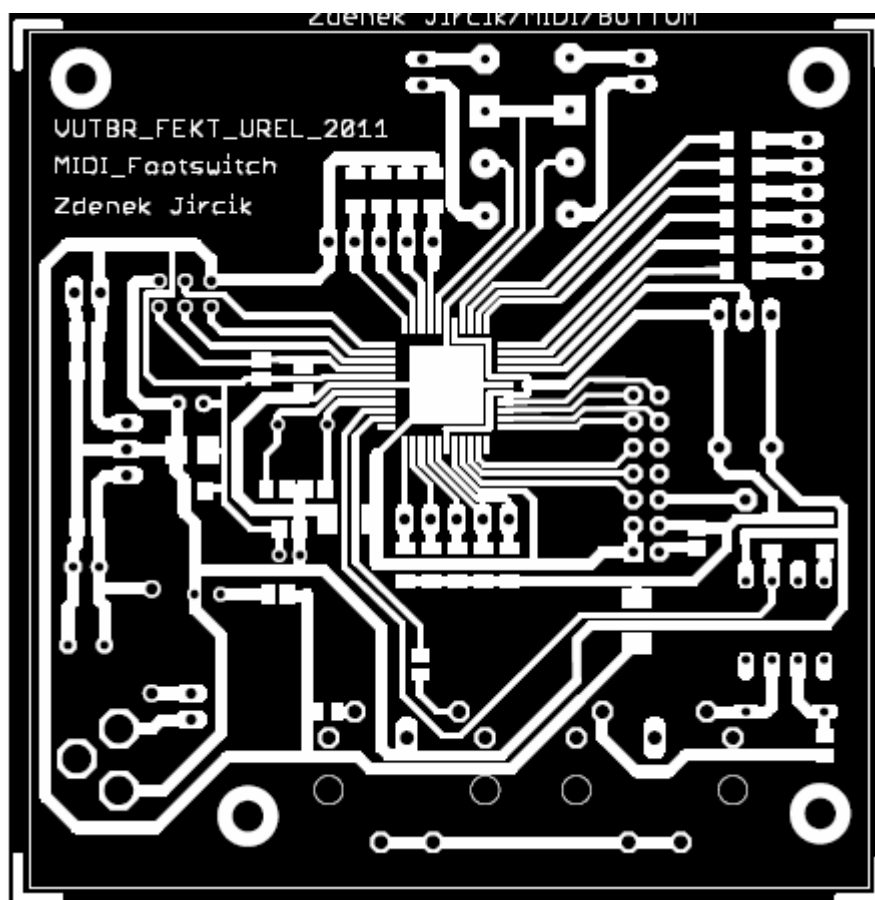
A	Návrh zařízení	29
A.1	Obvodové zapojení	29
A.2	Deska plošného spoje – top (strana součástek).....	30
A.3	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)	31
A.4	Pohled na konstrukci MIDI ovladače s připojeným kontinuálním pedálem	32
A.5	Pohled na konektorový panel MIDI ovladače	32
A.6	Parametry ATMEGA16A [6]	33
A.7	Vývody mikrokontroléru ATmega16A v pouzdře a) PDIP b) TQFP/QFN/MLF [6]	34
	Seznam součástek	35

A.2 Deska plošného spoje – top (strana součástek)



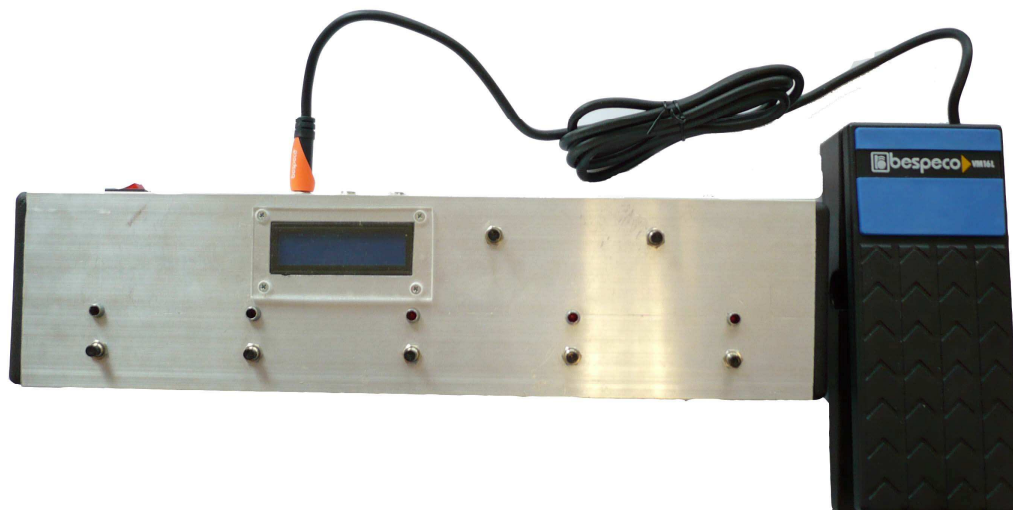
Rozměr desky 750 x 790 [mm], měřítko M1:1

A.3 Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)



Rozměr desky 750 x 790 [mm], měřítko M1:1

A.4 Pohled na konstrukci MIDI ovladače s připojeným kontinuálním pedálem



A.5 Pohled na konektorový panel MIDI ovladače



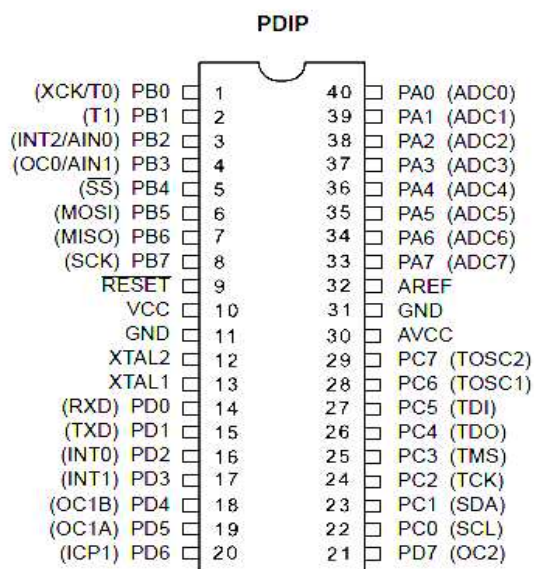
A.6 Parametry ATMEGA16A [6]

- Osmibitový mikrokontrolér s rozšířenou RISC architekturou
 - 131 instrukcí
 - 32 osmibitových pracovních registrů
 - Propustnost až 16 MIPS při 16 MHz
- Paměti nezávislé na napájení
 - 16 KB programové Flash paměti až 10 000 krát přepisovatelné
 - 512 B EEPROM paměti až 100 000 krát přepisovatelné
 - 1 KB SRAM paměti
- JTAG (IEEE std. 1149.1) rozhraní
- Periferie mikrokontroléru
 - 2 osmibitové čítače/časovače
 - 1 šestnáctibitový čítač/časovač
 - Čítač reálného času s odděleným oscilátorem
 - 4 PWM kanály
 - 8 – kanálový desetibitový A/D převodník
 - SPI/TWI rozhraní
 - USART rozhraní
 - Watch Dog časovač s odděleným oscilátorem
 - Analogový komparátor
- Speciální funkce mikrokontrolér
 - Power-On Reset a Brown-Out detection
 - Integrovaný RC oscilátor
 - Vnější a vnitřní zdroje přerušení
 - Funkce úsporného režimu
- Vstupně/výstupní porty
 - 32 programovatelných vstupně/výstupních pinů, rozdělených do 4 portů

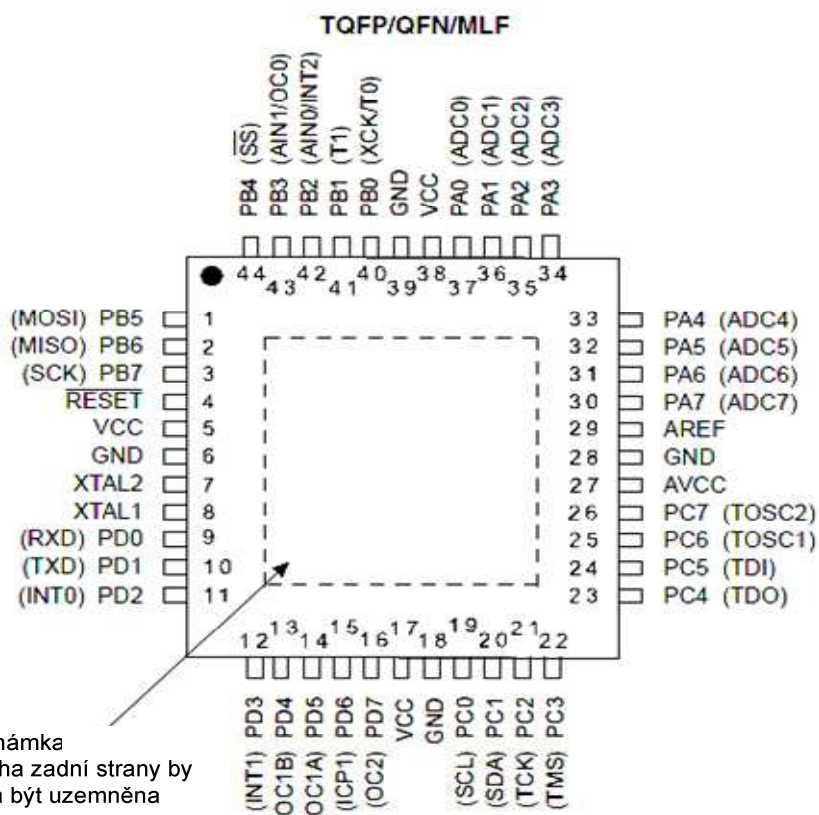
A.7 Vývody mikrokontroléru ATmega16A v pouzdře

a) PDIP b) TQFP/QFN/MLF [6]

a)



b)



SEZNAM SOUČÁSTEK

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
C1	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C3	100n	C0805K	Keramický kondenzátor
C4	100n	C0805K	Keramický kondenzátor
C5	1n	C0805K	Keramický kondenzátor
C6	10u	E2,5-5	Elektrolytický kondenzátor
C7	1u	E2,5-5	Elektrolytický kondenzátor
C8	330u	E3,5-8	Elektrolytický kondenzátor
C9	22p	C0805K	Keramický kondenzátor
C10	22p	C0805K	Keramický kondenzátor
C11	10n	C0805K	Keramický kondenzátor
C19	10u	E2-5	Elektrolytický kondenzátor
C20	4u7	B/3528-21R	Elektrolytický kondenzátor
C21	100n	C0805K	Keramický kondenzátor
CON1	MLW14	MLW14G	Konektor
D1	1N4148	DO35-7	Dioda
D2	1N4007	DO41-10	Dioda
IC1	MEGA16-A	TQFP44	Mikrokontrolér
IC2	7805TV	TO220V	Stabilizátor napětí
IN_DATA	MAB5SH	MAB5SH	Konektor DIN5
JP1		1X02	Konektor
JP2	LEDKY	1X06	Konektor
JP3	TLACITKA	1X05	Konektor
JP4	REZERVA	1X05	Konektor
JP5		1X02	Konektor
JP6		1X02	Konektor
JP7		1X02	Konektor
K1		PSH02-03P	Konektor se zámkem
I.02		LED5MM	LED dioda
OK1	6N135	DIL08	Optočlen
OUT_DATA	MAB5SH	MAB5SH	Konektor DIN5

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
P1	10K	PT6V	Odporový trimr
Q3	8MHz	HC49/S	Krystal
R1	10k	M0805	SMD rezistor
R2	220	R805	SMD rezistor
R3	220	R805	SMD rezistor
R4	390	R0805	SMD rezistor
R5	220	R1206	SMD rezistor
R6	4K7	R1206	SMD rezistor
R7	4K7	R1206	SMD rezistor
R8	220	R0805	SMD rezistor
R9	4K7	R1206	SMD rezistor
R10	4K7	R1206	SMD rezistor
R11	4K7	R1206	SMD rezistor
R12	390	R1206	SMD rezistor
R13	390	R1206	SMD rezistor
R14	6R8	R0805	SMD rezistor
R15	390	R1206	SMD rezistor
R16	390	R1206	SMD rezistor
R17	390	R1206	SMD rezistor
R18	4K7	R1206	SMD rezistor
R19	4K7	R1206	SMD rezistor
R20	4K7	R1206	SMD rezistor
R21	4K7	R1206	SMD rezistor
R22	4K7	R1206	SMD rezistor
R23	390	R1206	SMD rezistor
R24	0R	R2010	SMD rezistor
R26	0R	R2010	SMD rezistor
REL1	RELSIA05-500	RELSIA05-500	Relé
REL2	RELSIA05-500	RELSIA05-500	Relé
SV2	MLW6	MLW6	Konektor se zámkem
X2	K375	K375	Konektor