

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
TELECOMMUNICATION

ANALYZÁTOR PROTOKOLU DMX512 S PŘIPOJENÍM NA
USB ROZHRANÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

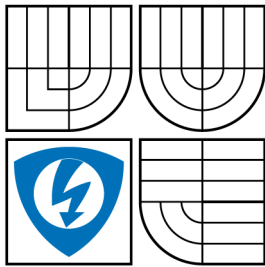
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ZDENĚK BARTOŇ

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION
TELECOMMUNICATION

ANALYZÁTOR PROTOKOLU DMX512 S PŘIPOJENÍM NA USB ROZHRANÍ

ANALYSER OF DMX512 PROTOCOL WITH USB INTERFACE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ZDENĚK BARTOŇ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. JIŘÍ KOUŘIL

BRNO 2008

ZDE VLOŽIT LIST ZADÁNÍ

Z důvodu správného číslování stránek

ZDE VLOŽIT PRVNÍ LIST LICENČNÍ
SMOUVY

Z důvodu správného číslování stránek

ZDE VLOŽIT DRUHÝ LIST LICENČNÍ
SMOUVY

Z důvodu správného číslování stránek

ABSTRAKT

Cílem této práce je seznámit čtenáře s moderními technologiemi pro řízení scénické a hudební techniky, se zaměřením zejména na nové technologie komunikace. Následně se tato práce zabývá návrhem a realizací modulu umožňujícího analýzu řídicího protokolu DMX512, ale také testování sběrnice DMX512.

KLÍČOVÁ SLOVA

ArtNet, DMX512, DMIDI, E-Show, ESBus, FTDI, iMIDI, MIDI, MSC, MMC, MWPP, NetMIDI, USB

ABSTRACT

Aim of this work is to make know readers with modern technologies for driving scenic and musical techniques, with focus especially on a new technologies of communication. Subsequently this work deals with proposal and realization electronic device enabling analysis of control protocol DMX512, but also testing bus DMX512.

KEYWORDS

ArtNet, DMX512, DMIDI, E-Show, ESBus, FTDI, iMIDI, MIDI, MSC, MMC, MWPP, NetMIDI, USB

BARTOŇ Z. *Analyzátor protokolu DMX512 s připojením na USB rozhraní*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav telekomunikací, 2008. Počet stran 56. Bakalářská práce. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Kouřil.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Analyzátor protokolu DMX512 s připojením na USB rozhraní“ 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 jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

Poděkování

Tímto děkuji panu Ing. Jiřímu Kouřilovi za poskytnutí užitečných rad, informací souvisejících s tématem a objektivní postřehy během tvorby této bakalářské práce.

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

MIDI Musical Instruments Digital Interface

AM Audio Music

mLan Music Local Area Network

Mbps Megabit per second

Gbps Gigabit per second

CD Compact Disc

AV Audio Video

OPT Open Plug-in Technolgy

LSI Lighting and Sounds International

EIA Environmental Impact Assessment

LSB Low Significant Bit

MSB Most Significant Bit

MTBS Mark Time Between Slots

MBB Mark Before Break

MAB Mark After Break

DHCP Dynamic Host Configuration Protocol

IP Internet Protocol

MAC Media Access Control

OEM Original Equipment Manufacturer

UDP User Datagram Protocol

RDM Remote Device Management

TOD Table Of Device

WAN Wide Area Network

VPN Virtual Private Network

DSSS Direct Sequencing Spread Spectrum

FHSS Frequency Hopping Spread Spectrum

TDM Time Dividing Multiplex

ATM Asynchronous Transfer Mode

MMA Midi Manufacturers Association

bps bit per second

DIN Deutsche Industrie Normen

TTL Transistor Transistor Logic

USB Universal Serial Bus

CCITT Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique

MTC MIDI Time Clock

SMPTE/EBU Society of Motion Picture and Television Engineers/European
Broadcasting Union

QoS Quality of Service

IETF Internet Engineering Task Force

MWPP MIDI Wire Packetization Protocol

RTP Real Time Protocol

DMIDI Distributed MIDI

MSC MIDI Show Control

JMSC Joint Monitoring and Steering Committee

MMC MIDI Machine Control

ISO International Organization for Standardization

UART Universal asynchronous receiver/transmitter

GUI Graphic User Interface

PID Product ID

VID Vendor ID

EEPROM Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory

CMOS Complementary Metal Oxide Semiconductor

POSIX Portable Operating System Interface

OBSAH

Seznam symbolů, veličin a zkratk	9
Úvod	16
1 Přehled technologií používaných v současné době pro řízení scénické a hudební techniky	17
1.1 Yamaha mLAN	17
1.1.1 Propojení v síti Yamaha mLan	17
1.1.2 Vlastnosti mLan	18
1.1.3 mLAN Graphic Patchbay	19
1.2 ESBUS	19
1.2.1 Architektura ESBUS	20
1.2.2 Protokol ESBUS	21
1.3 MIDI	21
1.4 MIDI Show Control	22
1.4.1 Struktura protokolu MSC	22
1.4.2 Způsob komunikace	24
1.5 MIDI Machine Control	24
1.6 MIDI Over Ethernet (IP)	25
1.6.1 MWPP	26
1.6.2 DMIDI	26
1.6.3 NetMIDI	27
1.6.4 E-Show	27
1.6.5 MIDIoverLAN+	27
1.6.6 iMIDI	28
1.7 ArtNet	28
1.7.1 Výhody přenosu DMX 512 dat přes IP síť:	28
1.7.2 Potokol ArtNet	29
1.7.3 ArtNet přenášený přes WAN	29
1.8 WirelessDMX protokol	30
2 DMX512	32
2.1 Historie DMX512	32
2.2 Základní vlastnosti DMX 512:	32
2.3 Použití DMX 512	32
2.4 Popis protokolu DMX 512	33
2.5 Realizace sběrnice DMX 512	35

2.6	Reálné možnosti sběrnice DMX 512	35
2.7	Přehled jednotlivých komponentů DMX sběrnice:	35
3	Analyzátor protokolu DMX512 s připojením na USB rozhraní	38
3.1	Úvod	38
3.2	Blokové schéma	38
3.3	Popis jednotlivých funkčních bloků USB analyzátoru	39
4	Testovací aplikace DMX512	43
4.1	Komunikace mezi aplikací a zařízením(obvodem FT232BL)	43
4.2	Popis aplikace a jejich funkcí	44
4.2.1	Send	45
4.2.2	Receive	46
5	Závěr	47
	Literatura	49
	Seznam příloh	51
A	Analyzátor DMX512 s připojením na USB	52
A.1	Schéma zapojení	52
A.2	Deska plošného spoje	53
A.3	Osazovací plán Bottom	54
A.4	Osazovací plán Top	55
A.5	Seznam použitých součástek	56

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Obecné propojení mezi různými audio zařízeními	18
1.2	Použití IEEE 1394 umožňuje připojení v řetězci	18
1.3	Struktura dat protokolu MIDI Show Control.	23
1.4	Obecná struktura SysEx dat	24
1.5	Struktura dat protokolu MMC.	25
1.6	Použití VPN softwaru	30
2.1	Struktura jednoho paketu protokolu DMX 512	34
2.2	XLR konektory - zásuvky	36
2.3	XLR konektory - vidlice	36
3.1	Základní blokové schéma USB analyzátoru sběrnice DMX512	38
3.2	Vnitřní zapojení obvodu SIPEX SP481 a popis pinů	40
3.3	Zapojení USB-B konektoru	41
4.1	Výběr ovladače	43
4.2	Komunikace mezi aplikací a zařízením(obvodem FT232BL)	44
A.1	Schéma zapojení	52
A.2	Deska plošného spoje (skutečný rozměr je 40x65mm)	53
A.3	Osazovací plán Bottom	54
A.4	Osazovací plán Top	55

SEZNAM TABULEK

1.1	Vrstvy ISO OSI modelu a odpovídající úrovně rozhraní ESBUS	20
1.2	IP adresy ArtNetu	29
2.1	Časování protokolu DMX512	34
A.1	Seznam použitých součástek	56

ÚVOD

Tato práce se zabývá návrhem a realizací modulu umožňujícího analýzu a testování protokolu a sběrnice DMX512 se snahou o co nejmenší prostorovou konstrukci. Dále se podrobně seznámíte s protokolem DMX512 a jeho praktickým využitím.

Také jsou zde stručně popsány všechny v současné době používané technologie pro řízení scénické a hudební techniky, ale i některé zatím ještě experimentální a rozvíjející se metody přenosu dat jako jsou RTP (Real Time Protocol) a UDP (User Datagram Protocol) protokoly.

Seznámíte se zde s Yamaha mLAN (Music Local Area Network), ArtNet, DMX512 over wireless LAN, MIDI, MIDI over Ethernet (MWPP (MIDI Wire Packetization Protocol), DMIDI (Distributed MIDI), NetMIDI, E-Show, MIDI over LAN+, iMIDI), MSC (MIDI Show Control), MMC (MIDI Machine Control).

1 PŘEHLED TECHNOLOGIÍ POUŽÍVANÝCH V SOUČASNÉ DOBĚ PRO ŘÍZENÍ SCÉNICKÉ A HUDEBNÍ TECHNIKY

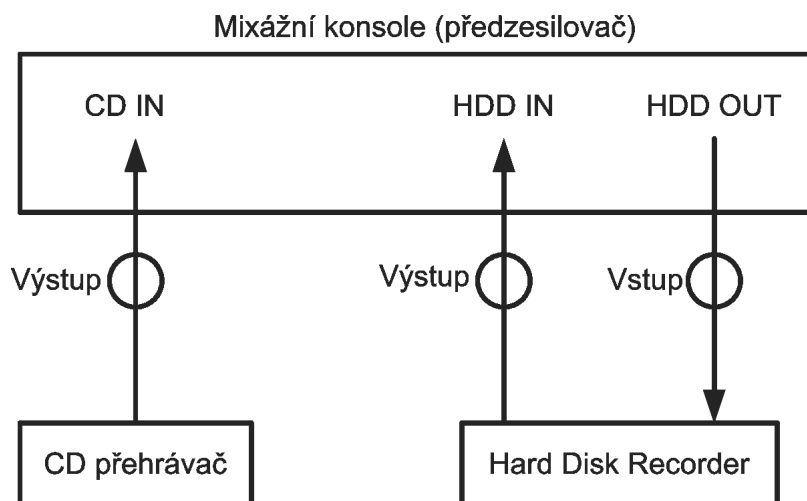
1.1 Yamaha mLAN

Firma Yamaha začala vytvářet technologii mLAN (Music Local Area Network) FireWire Music Networking, jako univerzální hudební lokální síť určenou pro audio a MIDI (Musical Instruments Digital Interface) data přenášená pomocí rozhraní IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 1394 Firewire. Tato technologie byla oficiálně představena v roce 2001. Od té doby více než 40 hudebních společností dnes používá a podporuje mLAN, a jejich počet stále roste. Hlavní vývoj mLAN zajišťují výrobci hardware, díky kterým si dnes můžeme vybrat zařízení jaké potřebujeme a naplno využívat jeho rychlost, výkon, flexibilitu a výhody mLAN síťové komunikace. Yamaha mLAN je také základem AM (Audio Music) protokolu užívaného v mnoha nynějších rovnocenných FireWire audio rozhraních na trhu.[13]

Vlastní ovládání a nastavování mLAN sítě se děje pomocí příslušné aplikace, která toto vše umožňuje. Yamaha mLAN pro tento účel využívá aplikaci mLAN Graphic Patchbay, která je popsána dále v textu.[13]

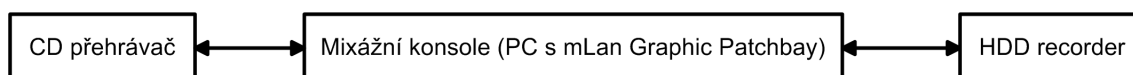
1.1.1 Propojení v síti Yamaha mLAN

Při samotném připojování různé typy kabelů požadují konvenční systém k vedení odlišných typů dat jako je video, audio a MIDI. Při použití mLAN nejsou dále potřeba. Od všech dat je veden jeden typ kabelu, který je připojený následně. V případě audio zařízení byly konvenční systémy připojeny do paprskové topologie viz. obr.1.1, kde propojení mezi hudebními zesilovači k různým komponentům jako CD přehrávače, magnetofonové přehrávače, rádia, atd. zprostředkovávaly různé kabely.



Obr. 1.1: Obecné propojení mezi různými audio zařízeními

Oproti tomu FireWire umožňuje jednoduché metody propojení s jednoduchým typem kabelu, který je užíván následně k připojení každého zařízení viz. obr.1.2.



Obr. 1.2: Použití IEEE 1394 umožňuje připojení v řetězci

1.1.2 Vlastnosti mLAN

- Je zde potřeba pouze jeden typ kabelu, na rozdíl od více různých typů kabelů pro konvenční systémy. MIDI datový a hudební signálový tok může být volně směrován bez toho, aniž by byl limitován aktuálním zapojením kabelu. Signálový tok mezi uzly může být změněn bez jakéhokoli fyzického rozpojení zařízení a podobné konfigurace systému mohou být zaznamenány. Kabely mohou být připojovány a odpojovány bez nutnosti vypnutí zařízení. Tento fakt, že konektory nemají žádný rozdíl mezi vstupem nebo výstupem, maximálně zjednodušuje připojení do systému bez jakýchkoliv speciálních znalostí.
- Elektronické hudební nástroje a hudební zařízení mohou být propojeny i bez použití počítače (pokud už jednou bylo propojení nastaveno na počítači), což velice zjednodušuje konstrukci digitální hudební sítě.
- Podpora přenosových rychlostí 100/200/400/800 Mbps. V budoucnu je očekáváno rozšíření do 1,6 a 3,2 Gbps. Aktuální přenosová rychlost je 400 Mbps.

- Izochronní přenos dovoluje datům být přeneseny v reálném čase. Toto je ideál pro přenos dat, jako je audio a video v reálném čase.
- Možnost připojení až 63 zařízení. V budoucnosti však zařízení, která se jmenují "bridges" (mosty) umožní rozšíření připojení na více jak 63 x 1023 zařízení.
- Od použití průmyslového standardu IEEE 1394 je do budoucna očekáváno velké množství kompatibilních zařízení. mLAN normy budou stále aktualizovány dle nových požadavků, které budou potřeba pro nově vyvíjená zařízení. mLAN umožňuje budoucí rozvoj jeho funkcí a ukazuje se, že bude pokračovat ve vývoji i nadále.

1.1.3 mLAN Graphic Patchbay

Yamaha mLAN Graphic Patchbay umožňuje kompletně nastavovat a řídit veškeré mLAN systémy právě z jednoho počítače a také nabízí komplexní, jednoduše použitelný nástroj pro zřizování spojení mezi různými mLAN zařízeními, používajícími grafické rozhraní pro připojení a odpojení virtuálních hudebních a MIDI kabelů. mLAN zařízení jsou připojována jedno k druhému jednoduchým FireWire kabelem a více kanálová hudební data procházející kabelem jsou řízena pomocí počítače. Proto lze jednoduše vzít myš a přetáhnout virtuální kabel a připojit ho dle aktuálních požadavků buď do vstupu nebo výstupu různého mLAN zařízení, nazývaného též jako uzel. Aplikace také umožňuje nasměrovat vstupy a výstupy časování dle aktuální potřeby pro spolehlivé zajištění synchronizace všech připojených zařízení. Vlastně lze směřovat signály jak je momentálně potřeba a uložit aktuální nastavení do souboru a později ho opět otevřít a upravovat. Vytváření různých propojovacích schémat zvláště pro různá nahrávání nebo písničky umožňuje pozdější okamžité přepínání mezi nimi. Mimo to mLAN Graphic Patchbay může být použit jako samostatná aplikace nebo jako zásuvný modul s jakoukoli OPT (Open Plug-in Technology) kompatibilní aplikací. Elegance, jednodušeost, komplexnost mLAN Graphic Patchbay dává každému hudebnímu studiu propojitelnost a možnost kontroly systému na úrovni, která je zatím zcela nevídaná.[13]

1.2 ESBUS

Hudební a video zařízení začala být stále více vybavována možnostmi dálkového ovládání, což umožnilo záznam a pozdější reprodukci řídicích příkazů z paměťového média. Právě z tohoto důvodu se začalo pracovat na společném rozhraní, které by umožnilo spolehlivou vzájemnou komunikaci těchto zařízení, které často byly od

různých výrobců. Rozhraní s názvem ESBUS navrhla organizace EBU (European Broadcast Union) jako standard ve své technické specifikaci 3245 z roku 1984.[6]

1.2.1 Architektura ESBUS

Architektura systému ESBUS je typu lokální sítě multipoint nebo point-to point a využívá 7 vrstvého síťového modelu ISO (International Organization for Standardization). ESBUS ovšem popisuje pouze čtyři úrovně viz tab.1.1. Rychlost přenosu rozhraní ESBUS je 38,4 kbps. ESBUS využívá symetrické vedení a 9 pólové konektory D-Sub.[6]

Číslo vrstvy:	Název vrstvy:		Úroveň ESBUS	Typ služeb
	ISO OSI	ESBUS		
1	fyzická	elektrické a mechanické propojení	elektrické a mechanické rozhraní	transportní služby
2	datová	adresovací a komunikační protokol		
3	síťová	sestavování a segmentace zpráv	dohled	
4	transportní	řízení toku	systémové služby	aplikační služby
5	relační	výběr skupiny virtuálních zařízení		
6	prezentační	virtuální zařízení	virtuální zařízení	
7	aplikační	skutečné zařízení		

Tab. 1.1: Vrstvy ISO OSI modelu a odpovídající úrovně rozhraní ESBUS

Úrovně ESBUS:

- Virtuální zařízení:** reaguje na přijatá data tzv. řídicího jazyku definovaným způsobem bez ohledu na vlastnosti skutečného zařízení na aplikační vrstvě.
- Systémové služby:** služby provádějí mapování logických adres na fyzické, segmentaci a opětovné sestavení zpráv, opravu chyb.
- Dohledová vrstva:** sestavuje komunikační kanál mezi fyzickými jednotkami připojenými do sítě, zajišťuje synchronizaci, datový přenos a také opravu chyb.
- Elektrická a mechanická vrstva:** definuje elektrické a mechanické vlastnosti skutečného propojení zařízení.

1.2.2 Protokol ESBUS

Rozhraní ESBUS má dva základní typy zpráv:

- zprávy systémových služeb.
- zprávy virtuálního zařízení.

Tyto zprávy se dále dělí na další tři úrovně:

- společné zprávy.
- zprávy specifické pro typ zařízení.
- uživatelské zprávy.

Zprávy komunikačního protokolu ESBUS jsou dvojího tvaru. Jeden tvar obsahuje pouze klíčové slovo (příkaz) a druhý tvar obsahuje klíčové slovo a argument. Argument se pak skládá z jednoho nebo několika parametrů, které jsou definovány hodnotou, nebo i názvem. [6]

Vlastní kódování parametru závisí na typu hodnoty, kterou přenáší:

- **Logické parametry:** binární stav 1 (true) nebo 0 (false).
- **Numerické parametry:** znaménková a neznaménková celá čísla, časové hodnoty v BCD kódu a časové hodnoty s vysokým rozlišením.
- **Znakové parametry:** 1 bytové ASCII kódy znaků.
- **Neformátované parametry:** data v nespecifikovaném formátu, první byte musí určovat jejich délku.

1.3 MIDI

MIDI (Musical Instruments Digital Interface) je mezinárodní standard používaný v hudebním průmyslu jako elektronický komunikační protokol, který dovoluje moderním digitálním hudebním nástrojům, počítačům i dalším přístrojům komunikovat v reálném čase. Současně se jedná o standardní sériové rozhraní, které slouží k výměně MIDI dat a přesné vzájemné synchronizaci v reálném čase.[2]

První oficiální verze normy MIDI byla publikována 5.8.1983 pod názvem MIDI 1.0 Specification. O rok později byla založena organizace MMA (Midi Manufacturers Association), která od té doby koordinuje veškeré dění v oblasti MIDI. [8]

Kromě základní komunikace mezi elektronickými hudebními nástroji jsou standardizovány :

- Přenos zvukových vzorků - SDS (Sample Dump Standard)
- Formát MIDI souborů - SMF (Standard MIDI File)
- Přenos MIDI souborů - MFD (MIDI File Dump)
- Mikrointervalové ladění - MTS (MIDI Tune Standard)
- Absolutní časová synchronizace zařízení - MTC (MIDI Time Control)
- Řízení studiové techniky - MMC (MIDI Machine Control)
- Řízení jevištní techniky - MSC (MIDI Show Control)
- Interní struktura elektronických nástrojů - GM (General MIDI)

1.4 MIDI Show Control

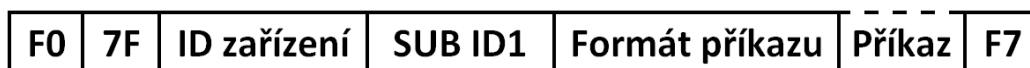
MSC (MIDI Show Control) je významný Real Time System Exclusive (exkluzivní systém reálného času) odvozený od MIDI (Musical Instrument Digital Interface) standardu. MIDI Show Control protokol je průmyslový standard ratifikovaný MIDI Manufacturers Association v roce 1991. Je to protokol, kterým mohou komunikovat všechny typy zařízení pro řízení světelné a hudební techniky včetně počítačů. Právě jako hudební standard MIDI, tak i MSC přenáší pouze aktuální příkaz co se má provést a jeho parametry v digitální podobě.[6]

Protokol MSC byl navržen pro velký rozsah aplikací, od jednoduchého řízení (zapni/vypni), až po ovládání velkých a rozsáhlých synchronizovaných systémů používaných v divadlech, koncertních halách a nahrávacích studiích.[6]

1.4.1 Struktura protokolu MSC

Struktura příkazů protokolu MSC viz. obr.1.3 je odvozena od příkazů řízení světelných a zvukových systémů existujících právě v době návrhu tohoto protokolu. Díky tomu lze poměrně snadno realizovat převodníky mezi různými formáty protokolů pro řízení těchto systémů (DMX512 na MSC, atd.).[6]

MIDI Show Control využívá univerzální systémová data MIDI, která jsou speciálním případem zvláštních systémových SysEx dat (System Exclusive) a jsou určena pro určité potřeby daného MIDI zařízení nebo skupiny zařízení. Tyto systémové zprávy mají stavový byte F0 a předem neurčený počet datových bytů (jedná se o



Obr. 1.3: Struktura dat protokolu MIDI Show Control.

blok datových bytů, který je zakončen MIDI zprávou End Of SysEx F7). Blok obsahuje také identifikaci, pro které zařízení je určen. Proto norma MIDI obsahuje záhlaví SysEx dat, které identifikuje zařízení podle dvou identifikátorů:

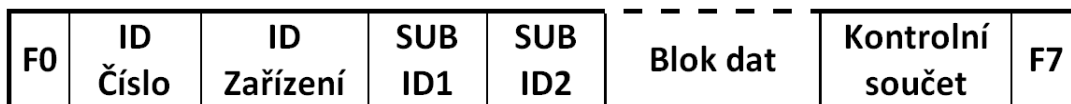
1. **ID Number:** je identifikační číslo výrobce zařízení. Aby se předešlo konfliktům, přidělují tato čísla organizace MMA a JMSC (Joint Monitoring and Steering Committee). Původně jednobytový identifikátor byl rozšířen na tříbytový. Pokud zařízení při přijetí bloku SysEx dat najde na místě identifikátoru 00 ví, že se jedná o tříbytový identifikátor a přečte následující dva datové byty jako identifikátor výrobce.

Pro univerzální SysEx data nepřenášena v reálném čase jsou určeny identifikátory 7E a pro data, která jsou přenášena v reálném čase identifikátory 7F. Ovšem protokol MSC využívá pouze univerzální systémová data přenášená v reálném čase.

2. **Device ID:** je identifikátor zařízení, který je určen k rozlišení více zařízení od jednoho výrobce zapojených v jednom MIDI systému. MIDI norma umožňuje rozšíření tohoto identifikátoru o další 2 datové byty označené sub-ID1 a sub-ID2. V takto rozšířeném identifikátoru se většinou používají 2 byty pro identifikátor výrobku a jeden pro subkanál.

V MIDI Show Control je hodnota 7F vyhrazena jako identifikátor pro všechna zařízení v systému. Hodnoty 70 až 7E pro 15 volitelných skupin. Ostatní hodnoty pro individuální zařízení (max. 112). Pokud mají některá zařízení reagovat na všechny příkazy shodně, mohou mít stejný identifikátor.[6]

Struktura bloku SysEx dat je uvedena na obr.1.4. Po stavovém bytu SysEx následuje jedno nebo tříbytový identifikátor výrobce, identifikátor zařízení a popřípadě identifikátory sub-kanálu. Struktura vlastního datového bloku závisí na výrobci daného zařízení. Datový blok bývá obvykle ukončen kontrolním součtem (je to součet všech datových bytů celočíselně vydělen 128), aby přijímač mohl rozeznat, zda během přenosu došlo k chybě a vyžádat si opakování přenosu. Ovšem ne všechny příkazy protokolu MSC kontrolní součet používají. Celý blok SysEx dat je ukončen stavovým byte End Of SysEx.[6]



Obr. 1.4: Obecná struktura SysEx dat

1.4.2 Způsob komunikace

V systému musí být nejméně jedno ovládací zařízení, ale je možné použít i více ovládacích zařízení. Díky možnostem rozhraní MIDI, které pomocí speciálních zařízení (thru-boxy) může vytvářet obecný strom, může být každé zařízení řízeno a zároveň být řídicím pro jiná zařízení. Způsob komunikace mezi řídicím a řízeným zařízením může probíhat jedním ze dvou způsobů:

1. **Otevřená smyčka řízení:** od řízených zařízení nejsou požadovány žádné odpovědi na přijaté příkazy, čímž jsou sníženy nároky na šířku pásma.
2. **Uzavřená smyčka řízení:** po přijetí každého příkazu řízeným zařízením je řídicím zařízením požadována určitá odpověď. Tento způsob řízení vyžaduje náročnější zařízení a využívá větší šířku pásma, ale poskytuje lepší kontrolu zařízením. Pro toto řízení se používá metoda koordinované transakce. Tato metoda se skládá ze dvou komunikačních kroků:
 - (a) V prvním kroku řídicí zařízení inicializuje řízená zařízení a ty potvrdí připravenost pro provedení příkazu.
 - (b) Ve druhém kroku řízená zařízení potvrdí provedení příkazu.

1.5 MIDI Machine Control

Myšlenka jednotného komunikačního rozhraní a protokolu pro řízení studiové techniky, kterou přineslo rozhraní ESBUS, je užitečná. Implementace tohoto rozhraní je ovšem příliš náročná. Díky tomu, že zařízení studiové techniky začala být vybavována také rozhraním MIDI, bylo možné využít pro jejich jednotné řízení tohoto komunikačního rozhraní. Alternativou k rozhraní ESBUS se tedy stalo rozhraní MIDI a protokol MMC (MIDI Machine Control), kde vzorem pro jeho sadu příkazů a odpovědí se stal protokol rozhraní ESBUS, aby konverze mezi protokolem MMC a ESBUS byla poměrně jednoduchá. Protokol MMC je tedy určen pro zařízení, která jsou navržena k provádění stejné množiny operací definované ve standardu ESBUS.[6]

Příkazy protokolu MMC obsahují, stejně jako ESBUS, obecné operace typické ve zvukových a televizních studiích. Zařízení propojená tímto rozhraním nemusí znát

technické parametry nebo technologii ostatních zařízení. Je na každém jednotlivém zařízení, aby samo aplikovalo přijatý příkaz nejlepším možným způsobem. Protokol MMC používá stejně jako protokol MSC dva typy univerzálních systémových dat vysílaných v reálném čase. Jeden pro příkazy a druhý pro odpovědi. Obecný formát zvláštních systémových dat je stejný jako u MSC viz. obr.1.3, struktura dat protokolu MMC na obr. 1.5.[6]



Obr. 1.5: Struktura dat protokolu MMC.

Kód identifikátoru mmc (příkaz) je 06 a kód identifikátoru mmr (odpověď) je 07. Každá zpráva může obsahovat více příkazů nebo odpovědí až do celkové délky 48 bytů. Stejně jako u protokolu MIDI Show Control může být identifikátorem zařízení (device ID) určeno jedno zařízení, definovaná skupina zařízení nebo všechna zařízení (kód 7F). [6]Způsob komunikace mezi řídicím a řízeným zařízením pomocí protokolu MMC může probíhat opět jedním ze dvou způsobů stejně jak tomu bylo u MSC protokolu.

Na rozdíl od protokolu MIDI Show Control používá MIDI Machine Control jednoduché potvrzování přenosu dat (handshaking) řízené pomocí dvou zpráv:

1. **WAIT:** oznamuje vysílacímu zařízení, aby pozdrželo vysílání dat, protože přijímací vyrovnávací paměť je naplněna.
2. **RESUME:** oznamuje vysílacímu zařízení, že může pokračovat ve vysílání.

1.6 MIDI Over Ethernet (IP)

V roce 2000 MMA (Midi Manufacturers Association) začala studium a vývoj MIDI přes Ethernet. Klasický MIDI protokol nepoužívá časové značky jakéhokoliv druhu. Ovšem pro mnohé účely jsou časové značky velmi užitečné. Navíc jsou často nezbytné k synchronizaci mezi vícenásobnými MIDI toky dat a mezi MIDI a dalšími prostředky, jako je audio nebo video. Standardy pro MIDI over IP by tedy měly zahrnovat časové značky a další se synchronizací související informace. Události synchronizace by měly být schopné ovládat vícenásobné hodinové vztahy (například: zvukové vzorkovací hodiny, MTC, SMPTE, wallclock, Network Time Protocol atd.),

protože mnoho reálných situací vyžaduje vícenásobné hodiny a časové základny. Dnes se pro účel přenosu MIDI přes ethernet používají dva nezávislé standardy a to IETF (Internet Engineering Task Force) a IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Velkou výhodou těchto ethernet technologií je nízká cena zařízení a velká šířka přenosového pásma. Ovšem přenos MIDI přes IP také znamená řadu rizik. Tyto rizika zahrnují potenciální problémy vzájemné kompatibility zařízení a vlastnosti přenosu mohou být díky přetížení ethernet sítě velmi různé, což se může projevit jako dlouhá doba latence nebo další QoS (Quality of Service) problémy.

1.6.1 MWPP

MWPP (MIDI Wire Packetization Protocol) definovala organizace IETF jako standardní protokol pro transport MIDI protokolu pomocí internetu a to přímo jako standard pro streamované prostředky RTP (Real Time Protocol). Vývojové práce na MWPP vede John Lazzarro a John Wawrzynek z univerzity UC Berkeley. Na rozdíl od jiných technologií je MWPP určený pro LAN i WAN aplikace. V současné době je tento protokol ve velice pokročilém stádiu a dále se vyvíjí.

MWPP je navržený k tomu, aby:

- Spolehlivě přenášel streamovaná RTP MIDI data přes Internet.
- Podporoval různé formáty časových značek.
- Podporoval zotavení sítě z chyby a umožnil klientům se připojit za provozu.
- Podporoval různá i méně spolehlivá síťová prostředí.

Aktuálně je MWPP protokol efektivní řešení v oblasti pro MIDI Over IP. MWPP je také dostatečně přizpůsobivý, takže by mělo být možné v budoucnosti specifikovat podmnožinu MWPP, která se bude hodit pro interaktivní aplikace běžící v reálném čase.

1.6.2 DMIDI

DMIDI (Distributed MIDI) je protokol pro přenos a příjem MIDI dat uvnitř síťového prostředí LAN, který nevyužívá časové značky. Tento protokol by měl pracovat velmi spolehlivě na privátní LAN vyhrazené jen pro MIDI data, bez dalších přenosů jiných aplikací. Ve srovnání s MWPP organizace IEEE označila DMIDI jako velice jednoduchý standard pro přenos MIDI dat uvnitř lokálních sítí. DMIDI prozatím podporuje platformy Linux a Windows. Na podpoře dalších se pracuje. Přestože se jedná o stabilní otevřený zdrojový protokol, nehodí se pro přenos streamovaných RTP dat po internetu.

1.6.3 NetMIDI

NetMIDI protokol byl vyvinutý pro podporu MSC (MIDI Show Control) aplikací a je aktuálně registrovaný a prodáváný společností Richmond Sound Design jako část E - Show sortimentu. NetMIDI podporuje Windows 2000/XP. Základy této technologie jsou podobné jako u DMIDI. V komerčním prostředí se NetMIDI úspěšně používá již několik let.[12]

1.6.4 E-Show

E - Show technologie je založená na průmyslovém standardu Windows XP počítačů spojených vzájemně přes TCP/IP sítě, obvykle sítě Ethernet, ale v podstatě každé TCP/IP kompatibilní sítě, dokonce i pomocí Internetu. Kompatibilní hardware zahrnuje mnoho standardních průmyslových zařízení od mnoha výrobců, kteří se snaží poskytovat maximální výkon a spolehlivost těchto zařízení. E-Show také podporuje přímé propojení dvou zařízení pomocí Ethernetu, tímto se vylučuje potřeba počítače ve vzdálených terminálech. E-Show plně podporuje poslední verzi MTC Two-Phase Commit (2PC) protokolů pro maximální spolehlivost.

1.6.5 MIDIOverLAN+

MIDIOverLAN+ je levná aplikace, která poskytuje sdílení MIDI portů pro více počítačů spojených v síti. Pochází z dílny firmy MusicLab a jedná se o vylepšenou verzi aplikace MIDIREplicator. Podporuje operační systémy Windows 9x/ME/2000/XP a více jak rok se úspěšně používá. Výhodou je výkon, flexibilita, snadná instalace a použití. Není zde potřeba žádného MIDI hardware a kabelů, vše je realizováno pomocí software a lokální sítě.

Vylepšenou verzi MIDIOverLAN+ je MIDIOverLAN CP, která umožňuje komunikovat nejen mezi několika MIDI aplikacemi na jednom počítači, ale také mezi několika počítači v síti, které mohou pracovat na různých platformách. Toto umožňuje vytvoření jednotné MIDI sítě složené jak z MAC tak PC počítačů. Má velice nízkou latenci (zpoždění) přenosu po lokálních sítích, jednoduché ovládání a není potřeba pracovat s IP adresami, stačí jen názvy počítačů v síti.

MIDIOverLAN CP je jednoduchá utilita, která dovolí synchronizovat sekvence na několika počítačích, synchronizaci přehrávání zvuků na několika počítačích, nahrávat zvuk ze vzdáleného počítače a jiné. Dále je možné sdílet MIDI porty na více počítačích pro oblíbené MIDI aplikace. Také je zde možnost vytvoření místních MIDI Pipe zařízení, které podporují rychlé přesměrování MIDI událostí z MIDI OUT portu do MIDI IN portu, což dovoluje nasměrovat MIDI OUT data z jednoho MIDI sekvenceru na MIDI IN port dalšího.

1.6.6 iMIDI

iMIDI je nový, zatím ještě experimentální volně šiřitelný software, který podporuje přenos MIDI přes Ethernet pro platformu Mac OS X verze 10.2. Tento software je užitečný pro synchronizaci MIDI a ovládání osvětlovací techniky bez použití fyzických MIDI portů. Zatímco ostatní technologie obecně využívají UDP protokoly, iMIDI používá TCP protokol, což má za následek mnohem větší latenci. iMIDI má podstatně horší vlastnosti než NetMIDI, DMIDI nebo MIDIOverLAN. Z tohoto důvodu asi také nemá žádnou budoucnost.

1.7 ArtNet

ArtNet byl vytvořen organizací Artistic Licence. Jedná se o protokol sloužící pro přenos DMX dat pře IP síť. Stejně jako se v IP protokolu se připojují počítače, tak v DMX512 připojují světelná zařízení. IP protokol se využívá v síti nazývané Ethernet. Ethernetové kabely mají typický konektor RJ45 a Ethernetová síť má hvězdicovou topologii.

Většina větších ovládacích konzolí dnes může přenášet DMX data přes Ethernet. Toto umožňuje přenos více DMX sítí po jednom kabelu. Před samotným zařízením bývá obvykle opět převodník na klasický DMX kabel. Dnes již mnohá zařízení lze připojovat přímo do ethernetové sítě. Z toho vyplývá, že ethernet je používán jen jako distribuční systém, který musí být na svém konci převeden zpět na DMX.

1.7.1 Výhody přenosu DMX 512 dat přes IP síť:

- Ethernetové kabely mohou přenášet mnohem více informací než klasické DMX kabely.
- Ethernetové sítě jsou levnější než DMX sítě.
- IP sítě nejsou vázány pouze na jediné přenosové médium, mohou být zprostředkovány například bezdrátovým spojením, čímž lze realizovat poměrně levné bezdrátové DMX spojení.
- Z předchozího bodu plyne, že lze také snadno přenášet DMX data přes Internet, což umožňuje řídit ovládání světelných zařízení například z domu nebo vzdálených lokalit.
- ArtNet umožňuje také obousměrnou komunikaci, to znamená, že zařízení mohou zasílat nazpět ovladači různé informace.

1.7.2 Potokol ArtNet

Každý uzel pracuje pouze v jednom módu a má svoji jedinečnou IP (Internet Protocol) adresu, odvozenou od ethernetové MAC (Media Access Control) adresy. Jako zdrojový a cílový UDP (User Datagram Protocol) port se používá port 0x1936.

Protokol Art-Net využívá ve výchozím nastavení IP adresy třídy A. Toto umožňuje ArtNet zařízením připojit se přímo do sítě bez použití DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) serveru. Třída A umožňuje adresování uvnitř uzavřené sítě. To je důležité k zajištění toho, aby se ArtNet data nedostala do sítě Internet.

Zařízení ArtNetu mají defaultně nastavenou primární IP adresu na 2.xxx.xxx.xxx. IP adresa se skládá z 32 bitového čísla ve tvaru A.B.C.D. Byty B.C.D jsou odvozeny od MAC adresy. Byt A může mít pouze jednu ze dvou hodnot viz. tab.1.2. MAC adresa je 48 bitové číslo ve tvaru u:v:w:x:y:z, toto číslo je globálně jedinečné. Horní tři byty 'u.v.w' určují různé výrobní společnosti. Dolní tři byty 'x.y.z' jsou přiřazeny právě touto společností. Pro zajištění minimální možnosti konfliktu IP adresy, mezi výrobcí zařízení podporující Art-Net, se do MAC adresy přidává ještě OEM (Original Equipment Manufacturer) kód zařízení.

Nastavení zařízení	IP adresa ve tvaru A.B.C.D				Maska podsítě
	A	B	C	D	
Vlastní nastavení IP adresy	dle nastavení				dle nastavení
Síťový přepínač vypnutý	2	x+OEM	y	z	255.0.0.0
Síťový přepínač zapnutý	10	x+OEM	y	z	255.0.0.0

Tab. 1.2: IP adresy ArtNetu

Byt 'B' v IP adrese je určen z nejvyššího a nejnižšího bytu OEM (Original Equipment Manufacturer) kódu zařízení a 'x' bytu MAC adresy. Při zapnutí uzel zkontroluje nastavení IP adresace. Jestliže bude nastaven pro použití vlastní IP adresy, tak následující procedura není potřebná.

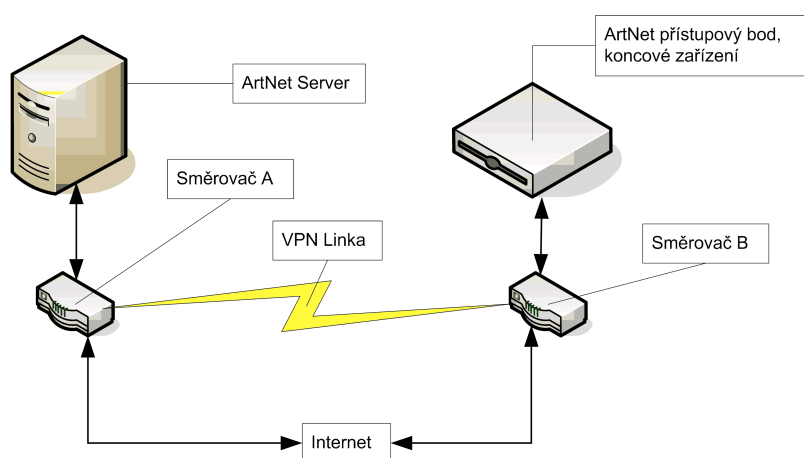
Maska podsítě je vždy nastavena na 255.0.0.0, pokud není použita vlastní IP adresa. To znamená, že adresu sítě určuje prvních 8 bitů a zbylých 24 bitů určuje IP adresu uzlu. Toto je síťová adresa třídy A, a proto je potřeba dát pozor při připojování do jiných sítí. Jestliže je potřeba tuto síť připojit k jiné, nebo k Internetu, tak se musí použít směrovač (router), který odfiltruje adresy třídy A.

1.7.3 ArtNet přenášený přes WAN

ArtNet je také možné používat pro ovládání světél přes síť WAN (Wide Area Network). Toto lze využít například pro ovládání světél třeba v kulturním domě

z pohodlí svého domu.

ArtNet se spoléhá na vysílání broadcastových paketů do všech směrů, proto by měly být sítě na každém konci přemostěné. Toto je velice snadné realizovat pod operačním systémem Linux, použitím VPN (Virtual Private Network) softwaru se vytvoří tunel z routeru A , do routeru B viz. obr.1.6. Ovšem odezva na nějaký příkaz je poněkud delší a někdy může být čas odezvy (reakce) až dvojnásobný než u klasického ArtNetu. VPN je technologie pro propojení několika počítačů na různých místech internetu do jediné virtuální soukromé sítě, přestože se počítače nachází v úplně fyzicky nezávislých sítích na různých místech světa, prostřednictvím VPN mezi sebou mohou komunikovat, jako by byly připojeny na jednu stejnou síť.



Obr. 1.6: Použití VPN softwaru

Implementace Art-Net protokolu určeného pro POSIX (Portable Operating System Interface) systémy se nazývá Libartnet a umožňuje pracovat na Linuxu a od verze 0.1.10 pracovat i na Mac OS X. POSIX je přenositelné rozhraní pro operační systémy, standardizované jako IEEE 1003 a ISO/IEC 9945. Vychází ze systémů UNIX, a určuje, jak mají POSIX-konformní systémy vypadat, co mají umět. [15]

1.8 WirelessDMX protokol

WirelessDMX je protokol určený výhradně pro účel transportu DMX dat pomocí rádiových vln ve veřejné oblasti. Používá volného vysílacího pásma 2.4 Ghz. S přihlédnutím k tomu, že DMX512 vedení nejčastěji existují v prostředích, kde musí být očekáváno vnější rušení, je doporučeno používat FHSS řešení.

Díky způsobu, jakým je WirelessDMX zkonstruovaný, není šířka pásma jeho vysílacího pásma moc velká ve srovnání s ostatními WLAN produkty založenými na

FHSS. WirelessDMX využívá FHSS, jen jako 3 Mbps WLAN rozhraní, což zlepšuje odolnost vůči vnějším vlivům.

Jak už bylo řečeno WirelessDMX protokol využívá multiplex s časovým dělením TDM (Time Dividing Multiplex), což je standard z ATM (Asynchronous Transfer Mode) spojovacích linek, navržený k tomu, aby dopravil velké množství dat každou vteřinu. Užívání TDM se velice hodí v DMX situaci, kde je požadováno, přenášení několika kanálů v blízkém směru.

Výhody WirelessDMX:

- Lepší cena ve srovnání s dalšími FHSS řešeními.
- Vyhrazený pro transport DMX dat.
- Užívá TDM, který efektivně redukuje problémy s kolizemi dat.

Nevýhody WirelessDMX:

- Nový a nevyzkoušený protokol.
- Nekompatibilitnost s dalšími bezdrátovými řešeními DMX.

2 DMX512

2.1 Historie DMX512

V roce 1988 byla v LSI (Lighting and Sounds International) zveřejněna první zmínka o novém protokolu DMX 512. Dva roky poté byl vydán institutem pro divadelní technologie (USSITT) tištěný dokument s názvem DMX 512/1990, který popisuje digitální protokol pro ovládání světelných zařízení. Tento protokol je celosvětovým standardem pro následující období. V roce 1996 byly zahájeny práce na přípravě nového protokolu s podmínkami zpětné kompatibility. Poslední verze se nazývá DMX 512/1998. [10]

Dřívější analogový systém již přestal vyhovovat moderním, číslicově řízeným osvětlovacím systémům. Bylo proto třeba přijít s novým, tentokrát již neanalogovým, ale číslicovým řídicím systémem. Požadavkem byla dostatečná přenosová kapacita na dlouhé vzdálenosti, vysoká odolnost proti rušení a přitom relativní jednoduchost. Jako základ byla vybrána sběrnice podle standardu EIA (Environmental Impact Assessment) RS 485.[10]

2.2 Základní vlastnosti DMX 512:

- Diferenciální (symetrický) přenos dat, schopnost pracovat od jednoduchého napájecího napětí +5V.
- Rozsah napětí na sběrnici od -7 V do +12 V
- Možnost připojení až 32 jednotek na jednu sběrnici
- Minimální vstupní odpor 120 kOhm
- Minimální zatěžovací impedance vysílače je 60 Ohm
- Maximální zkratový proud vysílače je 150 mA proti zemi 250 mA proti 12 V
- Maximální přenosová rychlost 400 kbps (pro maximální délku asi 1200 m).

2.3 Použití DMX 512

Pro použití v protokolu DMX 512/1990 byla zvolena přenosová rychlost 250kbps. Data jsou po sběrnici přenášena sériově asynchronním způsobem.

Jednotlivá slova jsou tedy přenášena postupně a jak napovídá název, maximální počet (délka) přenášených slov je 512. Délka jednoho slova je 8 bitů, to znamená,

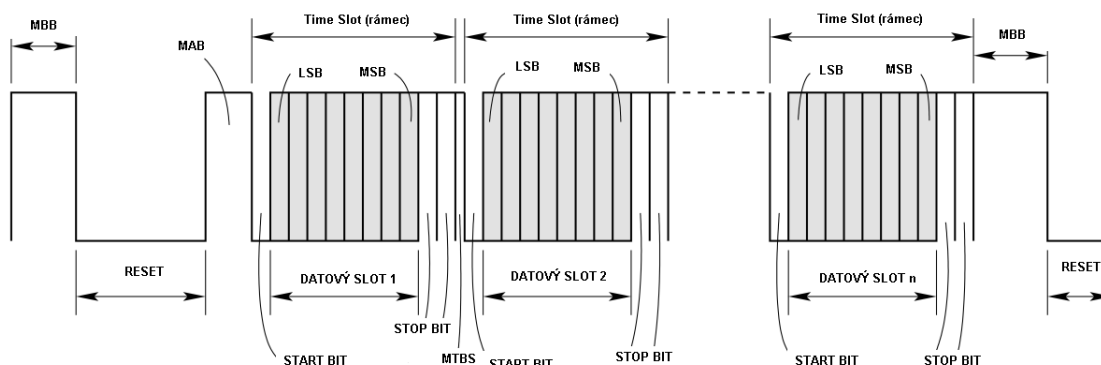
že lze rozlišit až 256 různých stavů. I když se na první pohled zdá být rozlišení dostatečné, pro některá zařízení, vyžadující přesnější nastavení, je možné spojit 2 slova jdoucí po sobě v jedno a docílit tak výrazně přesnějšího 16bitového rozlišení. Velkou výhodou protokolu DMX je, že počet slov v jedné sekvenci není pevně určen, pouze shora ohraničen 512. Další výhodou je, že při vysílání protokolu se nepřenáší adresa přijímaného zařízení, ale pouze data. Úkol vybrat z posloupnosti 8 bitových slov právě to, které náleží konkrétnímu zařízení, je věcí obslužného přijímače. Na tom se nastaví počáteční adresa (například 58) a přijímač ví, že toto slovo například 5 dalších je určeno pro něj a přeneso ho do řídicí části. Přijímačem může být jakékoliv zařízení kompatibilní s protokolem DMX 512. Jedině pyrotechnické efekty se nesmí připojovat na sběrnici DMX 512, protože zatím není chráněna proti přenosu chybné informace a mohlo by dojít k nechtěnému odpálení. [10]

Z praktického hlediska je použití sběrnice DMX 512 velmi jednoduché. K propojení se používá dvoužilový stíněný kabel, známý z počítačových sítí jako UTP kabel. Běžně se využívá symetrický mikrofonní kabel. Zapojování probíhá od jednoho zařízení k druhému. Všechna zařízení jsou tedy zapojena paralelně na jednom symetrickém vedení. Zásadně se doporučuje toto vedení dodržet, protože různé spleti kabelů sice mohou za určitých podmínek nějak fungovat, ale rozhodně to není provozně spolehlivé. Pokud potřebujeme signál rozbočit, musíme použít HUB (rozbočovač), na jehož výstupy lze připojit další DMX sběrnice. Ty se pak chovají jako samostatné sběrnice, ve smyslu možnosti připojení zařízení, ne však pokud jde o přenášená data, ta jsou pro všechna společná. Norma určuje, že k propojování se mají používat 5kolíkové konektory XLR (Canon). Používají se i třívývodové, ovšem ty nejsou považovány za kompatibilní s standardem DMX 512.[10]

2.4 Popis protokolu DMX 512

Jak již bylo řečeno, přenos dat je sériový asynchronní. Celý jeden blok přenesených dat viz. obr.2.1.

V klidu je sběrnice na úrovni HI. Před začátkem přenosu musí být vyslán startovací signál RESET. Data jsou přenášena v takzvaných Time Slotech (rámcích). Jeden rámec má délku 11 bitů. Přenosová rychlost je 250 kbps, z toho vyplývá přenosová frekvence 250 kHz. To znamená, že počáteční BREAK (přerušení - RESET) musí trvat alespoň dva rámce. Po signálu RESET následuje informace o začátku přenosu MAB (Mark After Break) - značka po přerušení o délce minimálně 2 bity. Následuje vysílání $n+1$ datových slov – Time Slotů, kde n je počet přenášených kanálů. Každé datové slovo má délku 11 bitů. První je vyslán LSB (Low Significant Bit) a poslední MSB (Most Significant Bit). Rámec je ukončen dvěma STOP bity s



Obr. 2.1: Struktura jednoho paketu protokolu DMX 512

hodnotou v úrovni HI. První bit po RESETEU se nazývá STARTBIT a má nulovou hodnotu. Další bity již obsahují data pro jednotlivé kanály. Mezi jednotlivými datovými rámci může být časová prodleva MTBS (Mark Time Between Slots). Ta může být nejvýše 1s, nebo může být zcela vynechána. Po posledním odvysílaném rámci následuje MBB (Mark Before Break). To znamená, že všechny datové rámce byly odvysílány a sběrnice je připravena na další paket, začínající RESETEM a MAB. Také MTBS může být v rozsahu 0 - 1s.

V připravované nové verzi protokolu DMX512/1998 může být STARTBIT nenulový a může přenášet některé informace pro novou generaci zařízení. Základní časy pro jednotlivé signály protokolu DMX 512/1990 viz. tab.2.1. Připravované změny v časování protokolu viz. tab.2.1.

Přehled časování dle protokolu DMX512/1990					Přehled časování dle protokolu DMX512/1998			
Popis	min	typ	max	jedn.	min	typ	max	jedn.
RESET	88	88		μs	88	125		μs
MAB	8		1000	μs	8		1000	μs
rámec	43,12	44	44,48	μs	43,12	44	44,48	μs
start bit	3,92	4	4,8	μs	3,92	4	4,8	μs
LSB	3,92	4	4,8	μs	3,92	4	4,8	μs
MSB	3,92	4	4,8	μs	3,92	4	4,8	μs
stop bit	3,92	4	4,8	μs	3,92	4	4,8	μs
MTBF	0	0	1	s	0	0	1	s
MTBP	0	0	1	s	0	0	1	s
výpadek přenosu	-	-	-	-	-	-	1,025	s

Tab. 2.1: Časování protokolu DMX512

Obecně se dá říct, že změny jsou spíše kosmetické. Přístroje by měly být z důvodu

korektur v časování stabilnější. Hlavní změna je v pětivývodové konektorech.

2.5 Realizace sběrnice DMX 512

I když je protokol DMX 512 schopen přenést až 512 datových rámců, v základním zapojení můžeme na sběrnici připojit pouze 32 zařízení. To je dáno definicí sběrnice RS 485. Na jeden vysílač sběrnice RS 485 lze totiž připojit maximálně 32 přijímačů. Pokud je potřeba připojit více zařízení, musí se použít HUB, nebo opakovač. Za opakovačem může následovat dalších 31 zařízení, protože opakovač sám se počítá jako jedno zařízení.[10]

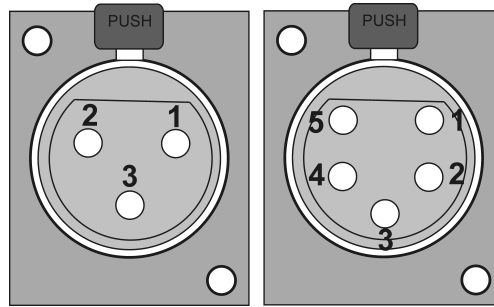
Obvodové řešení používá běžně dostupné integrované obvody typu 75176, navržené právě pro sběrnici RS 485. Z principu musí být sběrnice na obou koncích ošetřena ukončovacím odporem 120 Ohm. Zcela vyhoví například miniaturní odpor zabudovaný do konektoru XLR. Protože na straně vysílače (obvykle režijního pultu) to řeší již výrobce, na konci vedení musíme zakončovací odpor připojit sami. Některé výrobky již obsahují přepínač, kterým se zakončovací odpor, pokud je zařízení zapojeno jako poslední, dá připojit interně.[10]

2.6 Reálné možnosti sběrnice DMX 512

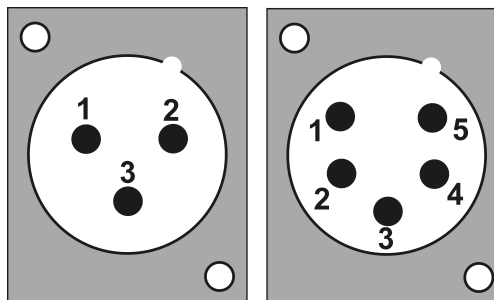
Pokud se podíváme podrobněji na časový diagram signálů DMX 512, snadno zjistíme, že při plném využití všech 512 rámců je minimální dosažitelná doba přenosu asi 22,754 ms, což představuje opakovací frekvenci asi 44 Hz. To může být pro některé aplikace příliš pomalé. Obecně se tedy nedoporučuje využívat na maximum povolené přenosové kapacity, ale v případě větších zařízení raději použít více sběrnic DMX 512. [10]

2.7 Přehled jednotlivých komponentů DMX sběrnice:

1. **Konektory:** pro propojování DMX linek přežil jediný standard a to je konektor XLR v provedení tří, nebo pěti vývodovém. Označení jednotlivých vývodů zásuvek XLR konektoru je na obr. 2.2 a označení vidlic viz. obr. 2.3. I když ještě v některých zařízeních přezívají třívývodové konektory, norma jasně prikazuje použití pětivývodových XLR konektorů. I přesto se u některých výrobců objevily snahy využít volné vývody 4 a 5, například k napájení některých periférií pomocí kabelu DMX 512, je to proti normě a nedoporučuje se to.



Obr. 2.2: XLR konektory - zásuvky



Obr. 2.3: XLR konektory - vidlice

Běžně se používá standardní mikrofonní symetrický kabel.

Standardní zapojení pětivývodového konektoru a kabelu:

- 1 - stínění (nesmí být spojeno s tělem konektoru)
- 2 - černá DMX data - pól
- 3 - bílá DMX data + pól
- 4 - zelená náhradní - pól
- 5 - červená náhradní + pól

Při využití pouze třívývodového konektoru jsou zapojeny jen piny 1,2,3.

2. **Multiplexer /demultiplexer:** zařízení sloužící k převodu analogového signálu 0/10V na protokol DMX 512 a zpět.
3. **Splitter:** slouží k rozdělení totožného signálu dmx do více větví.
4. **Optoizolátor:** slouží ke galvanickému oddělení jednotlivých linek celého řetězce pro zabránění vzniku rušivých zemních smyček.

5. **Stmívače:** jsou jedna polovina srdce celého osvětlovacího systému. Tou druhou jsou ovládací pulty. Jevištní osvětlení bylo dříve bez použití výkonné polovodičové techniky (IGBT tranzistory, triaky, tyristory) záležitostí spíše mechanickou a silnoproudovou, protože stmívač byl tvořen v podstatě pouze obrovským reostatem, který musel v nejhorším případě snést až čtvrtinové zatížení samotného osvětlovacího tělesa. Moderní způsob stmívání lze u statických světél řídit obvykle dálkově elektronickým stmívačem tzv. dimmerem, obvykle v 19 palcovém racku, který je tvořen buď tranzistorovými pulzními, častěji ale triakovými obvody. Kvalita stmívačů se hodnotí nejen podle výkonu, ale hlavně podle velikosti elektromagnetického rušení, které produkují. V praxi se projevuje poměrně silným hučením ve zvukovém systému, pokud je oboje připojeno na jeden rozvod (nedoporučuje se). Kromě rušení mají stmívače ještě další nevýhodu. U žárovkového osvětlení snižují spolu s efektivní hodnotou napětí také teplotu bílého světla směrem k červené barvě. Bohužel jimi nelze stmívat výbojková světla, která jsou stmívána pomocí mechanických stmívačů, v podobě různých clon, nebo hrábí, zasunovaných do sebe.[10]

3 ANALYZÁTOR PROTOKOLU DMX512 S PŘI- POJENÍM NA USB ROZHRAŇÍ

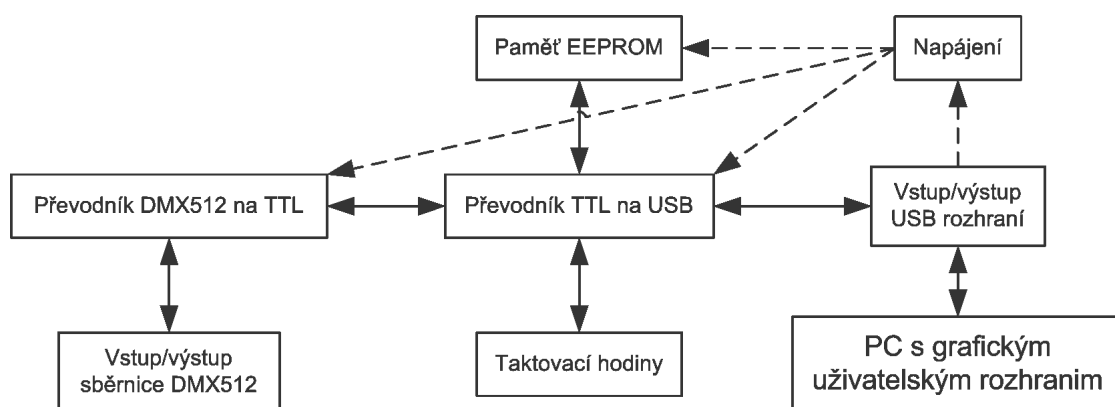
3.1 Úvod

Cílem této kapitoly je navrhnout a zrealizovat analyzátor protokolu DMX512 s připojením na USB rozhraní. Toto elektronické zařízení musí být schopné provést analýzu a test DMX512 sběrnice a to pomocí jednoduché programové aplikace vytvořené C++ Builderu, která bude s analyzátozem komunikovat právě pomocí USB rozhraní.

Tento analyzátor umožní jednoduché a efektivní řízení osvětlovací techniky pomocí počítače s profesionálním programovým vybavením. V neposlední řadě zjednoduší hledání poruchy v rozvodech DMX512 pro řízení osvětlovací techniky a bude také sloužit pro ověření funkčnosti vysílačů dat protokolu DMX512 dat jak při jejich výrobě, tak i opravách.

Funkce analyzátoru je následující. Analyzátor se připojí k počítači pomocí USB rozhraní a v naprogramované aplikaci s grafickým rozhraním budou zobrazována aktuálně přenášená data na DMX512 a nebo na kterýkoli kánál DMX512 mohou být zapsány hodnoty 0-255. Úplný popis naprogramované aplikace je v samostatné kapitole. Blokové schéma analyzátoru viz obr. 3.1. Schéma zapojení A.1, předloha pro výrobu plošného spoje A.2, osazovací plány analyzátoru A.3, A.4 a seznam použitých součástek A.1 je uveden v příloze.

3.2 Blokové schéma



Obr. 3.1: Základní blokové schéma USB analyzátoru sběrnice DMX512

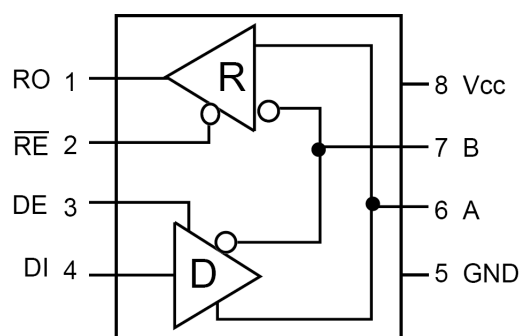
3.3 Popis jednotlivých funkčních bloků USB analyzátoru

1. **Vstup/výstup DMX512 (I/O):** obsahuje dva XLR konektory. Konektory byly zvoleny klasické třívývodové, známé jako symetrické mikrofoní (canon), přestože norma přikazuje použití pětivývodových konektorů, jsou ty třívývodové v praxi nejčastěji používané. Jeden je vstupní viz. obr. 2.2 a druhý výstupní viz. obr. 2.3 tyto konektory jsou mezi sebou propojené paralelně to znamená, že na obou dvou budou vždy stejná data. Toto průchozí zapojení umožní analyzátor umístit libovolně do sběrnice DMX512 aniž by se přerušila komunikace za analyzátozem. Ovšem v daném okamžiku bude možné pouze buď analyzovat DMX512 sběrnici (přijímat data) a nebo testovat tuto sběrnici (vysílat data), nikdy ne dohromady. V tomto bloku je také ošetřeno impedanční přizpůsobení vedení DMX512 a to na 120 ohmů.
2. **Převodník mezi standarty UART(TTL) a DMX512(RS485)** pro převod standardu UART (Universal asynchronous receiver/transmitter) na DMX512 úroveň je možné použít mnoha standardních průmyslových obvodů například SN75176B od Texas Instruments, MAX481 od firmy Maxim, SP481 od firmy Sipex. Byl zvolen obvod SP481 a to díky jeho nízké spotřebě energie a také jeho dobré dostupnosti.

Obvody SP481 patří do rodiny polovičně duplexních vysílačů (Half-Duplex Transceivers), to pokrývá požadavky pro rozhraní standardu RS-485 a RS-422. Jejich BiCMOS technologie dovoluje nízkonapěťové ovládání bez vlivu na vlastnosti tohoto obvodu. SP481 umožňuje komunikaci na RS-485 a RS-422 rychlostí až 5Mbps. SP481 je také vybavený úsporným módem, který umožňuje vypnutí napájení obvodu.

RS-485 standard je ideální pro vícebodové propojení aplikací a pro dálková rozhraní. RS 485 dovoluje připojení až 32 ovládacích prvků a až 32 přijímačů (ovládaných zařízení) ke sběrnici dat. Délka sběrnice může být až 1200 metrů. Další vlastností RS-485 vysílačů je velký rozsah pro přizpůsobení zemního potenciálu -7V až +12V, běžný mód tak vyhovuje rozdílům potenciálů země různých zařízení. Protože RS-485 je rozdílové (diferenciální) rozhraní, data jsou odolná vůči rušení v přenosovém vedení. Výstupy SP481 jsou tedy rozdílové, spojující standarty RS-485 a RS-422. Typické výstupní napětí bez zátěže je 0 V až +5V. SP481 má řídicí úroveň, která je aktivní na HIGH. A logická úroveň HIGH na vývodu DE (vývod 3) aktivuje rozdílové výstupy, logická úroveň LOW na vývodu DE (vývod 3) aktivuje třístavové výstupy.

SP481 přijímače mají rovněž diferenční (rozdílové) vstupy se vstupní citlivostí až 200mV. Vstupní impedance přijímačů je typicky 15kOhmu (12kOhm minimálně). A běžný rozsah napětí -7V +12V počítá s velkým rozdílem potenciálů země mezi systémy. Přijímače SP481, umožňují třístavový režim, který ovládá kontrolní vývodu RE. A logická úroveň LOW na vývodu RE (vývod 4) aktivuje přijímač, logická úroveň HIGH na vývodu RE (vývod 4) deaktivuje přijímač. Vnitřní zapojení a popis vstupů/výstupů je na obr. 3.2. Přijímač SP481 pracuje rovněž do rychlosti až 5 Mbps. Přijímač je přizpůsobený pro případ selhání, kdy v případě selhání garantuje, že výstup přijímače bude v horní úrovni, jakmile vstup bude nezapojený.



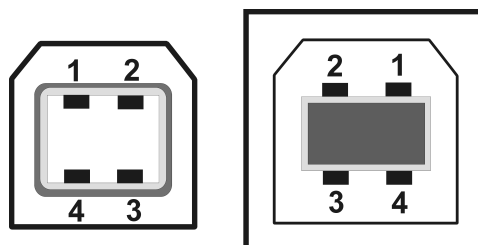
Obr. 3.2: Vnitřní zapojení obvodu SIPEX SP481 a popis pinů

Jak už bylo řečeno SP481 je vybaven módem přerušování práce (tzv. ShutDown módem). Pro aktivaci ShutDown módu musí být vyřazeny z činnosti vysílač i přijímač současně. A to logickou úrovní LOW na pinu DE (pin 3) a logickou úrovní HIGH na pinu RE (pin 4). V tomto ShutDown módu, klesne napájecí proud obvodu na 1uA.

3. **Napájecí blok:** napájení bude realizováno z USB (Universal Serial Bus) portu, ze kterého lze odebírat proud až 500mA, což je pro naše účely dostačující. Je zde také umístěn kondenzátor C7 a tlumivka L1 pro filtraci napájecího napětí viz. obr. schéma zapojení A.1. Mezi počítačem a zařízením se může indukovat šum, na který je USB kontrolér poměrně citlivý, proto jsou k datové cestě přidány také dva filtrační kondenzátory C5 a C6 viz. obr. schéma zapojení A.1, které zlepšují šumovou imunitu zařízení.
4. **PC s grafickým uživatelským rozhraním:** vlastní ovládání zařízení bude realizováno pomocí aplikací s grafickým rozhraním GUI (Graphic User Interface) vytvořených v programovacím prostředí Borland C++ Builder. Tyto aplikace budou mít přístup k portu USB, přes který budou komunikovat s obvodem

FT232BL. Bližší popis aplikací je v kapitole 4. Testovací aplikace DMX512. Samozřejmě, že zařízení je univerzální a lze použít i v kombinaci s jiným aplikacemi určenými pro řízení světelné techniky pomocí protokolu DMX512.

5. **USB konektor:** USB konektor, zvolil jsem typ B do desky plošného spoje. Zapojení konektoru viz. obr. 3.3.



Obr. 3.3: Zapojení USB-B konektoru

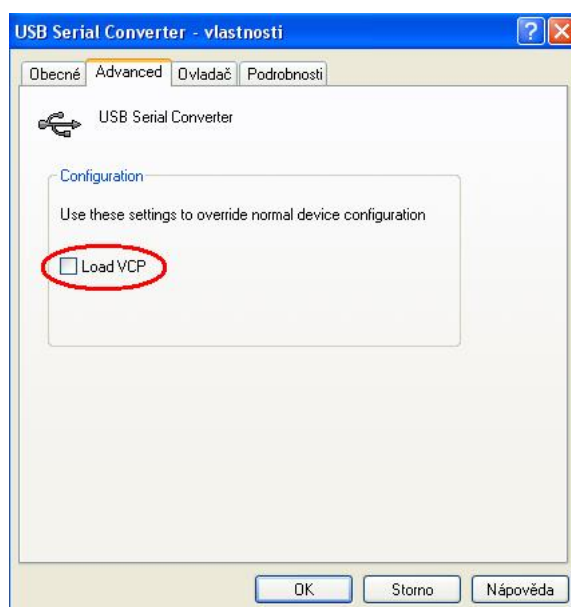
- 1 - USB +5V (napájení z USB)
 - 2 - USB DATA -
 - 3 - USB DATA +
 - 4 - USB GND (napájení z USB)
6. **Převod úrovně TTL (UART) na úroveň rozhraní USB:** Pro komunikaci s USB rozhraním lze využít mnoho již hotových obvodů například od firem Future Technology Device Inc. (FTDI), Prolific Technology Inc. (Prolific), SigmaTel, Texas Instruments, atd.. Některé tyto obvody jsou již pro komunikaci s USB připraveny a jsou dostupné i jejich ovladače pro různé operační systémy. Pro jejich použití tak není vyžadována znalost poměrně složitého USB komunikačního protokolu. Z celé řady těchto obvodů se nejvíce nabízí obvody FTDI, které jsou na našem trhu běžně dostupné. Obvod od firmy FTDI byl zvolen také kvůli dostupné technické dokumentaci. Jedná se konkrétně o obvod FT232BL, je to konvertor USB – UART (Universal asynchronous receiver/transmitter) s přenosovou rychlostí 300 Bit/s až 3 MBit/s a s dvouportovou vyrovnávací pamětí o velikosti 128 bajtů ve směru od PC k aplikaci a 384 bajtů směrem opačným. K dispozici je i plně hardwarové řízení přenosu pomocí signálů RTS, CTS, DTR, DSR, DCD a RI, a navíc signál TXDEN určený k řízení směru komunikace při spolupráci s konvertory úrovně EIA485 (s obvodem Sipex SP481). Obvod FT232BL vyžaduje jen externí taktovací kmitočet a paměť EEPROM. [9]

7. **Taktovací hodiny:** Obvod FT232BL vyžaduje externí taktovací kmitočet, který zajistí tento blok. Přesný taktovací kmitočet dosáhneme pomocí krystalu Q1 a kapacitorů C3 a C4 viz. obr. schéma zapojení A.1 .
8. **Paměť EEPROM:** tato EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) paměť slouží k načtení a nastavení identifikačních údajů pro připojení k PC a automatickému načtení. Je zde uložen například VID (Vendor ID) a PID (Product ID) kód, sériové číslo obvodu, maximální odběr proudu z USB sběrnice, název výrobce, podpora Plug and Play a další informace o zařízení. Obvod sice funguje i bez této paměti, ale nelze pak upravit identifikační údaje zařízení a obvod se načte s výchozím nastavením. Paměť EEPROM musí mít organizaci 16 bitů. Byla použita nízkonapěťová CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) paměť 93C46 od firmy Microchip, která plně vyhovuje požadavkům na právě na tuto paměť.

4 TESTOVACÍ APLIKACE DMX512

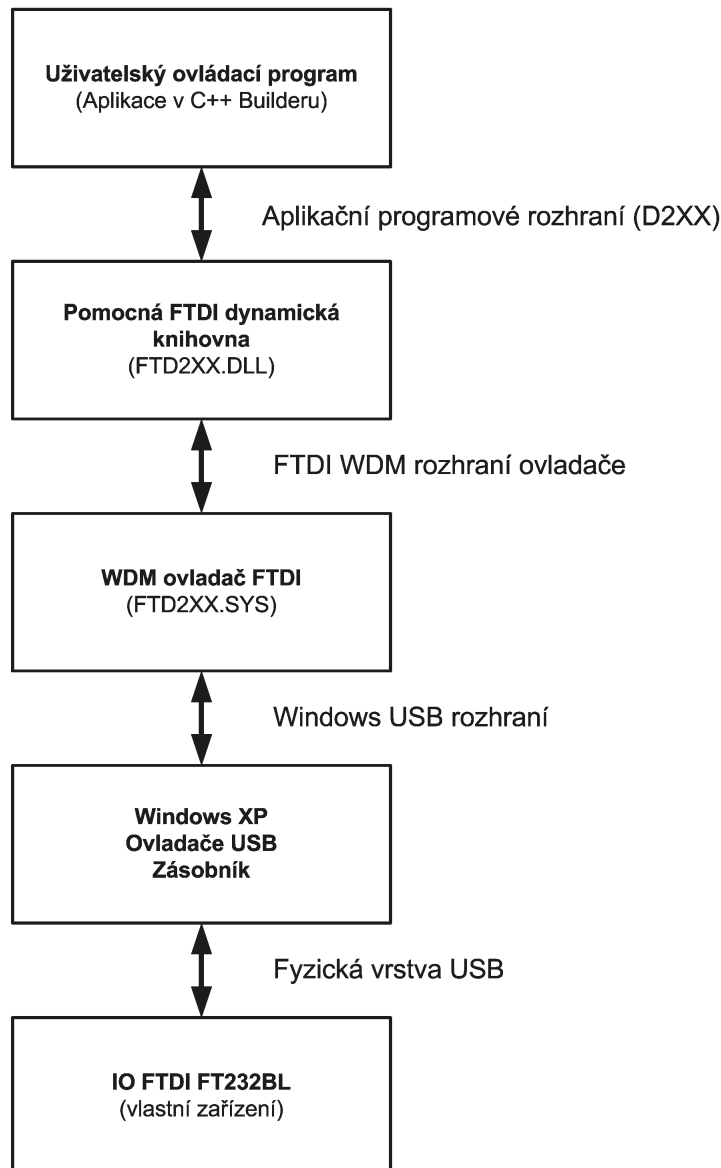
4.1 Komunikace mezi aplikací a zařízením (obvodem FT232BL)

Komunikace mezi aplikací a vlastním zařízením může být zajišťována třemi typy ovladačů. První ovladač zajišťuje komunikace přes Virtual COM Port (VCP), druhý typ přímými WDM ovladači (D2XX) a třetí typ ovladačů je kombinací předchozích dvou možností a umožňuje připojení jak přes VCP, tak i přes WDM. Tento poslední typ ovladače se nazývá CDM a je velice univerzální. Výběr způsobu komunikace se provádí ve vlastnostech připojeného zařízení viz. obr. 4.1.



Obr. 4.1: Výběr ovladače

Aplikace využívající přímé ovladače používá funkce knihovny FTD2XX.DLL, pomocí kterých přistupuje přímo k obvodům FTDI232/245. Pouze při použití přímých ovladačů je možné programovat externí paměť EEPROM, ve které jsou uloženy některé důležité inicializační informace obvodu FTDI. Tyto WDM ovladače jsou použity pro rozhraní USB-DMX512 a jejich architektura viz. obr. 4.2. [9]



Obr. 4.2: Komunikace mezi aplikací a zařízením (obvodem FT232BL)

4.2 Popis aplikace a jejich funkcí

Testovací grafické rozhraní se skládá ze dvou samostatných aplikací. První aplikace se nazývá Receiver a slouží pouze pro příjem dat aktuálně přenášených po sběrnici DMX512. Druhá aplikace se jmenuje Send a obsahuje jednu základní a jednu rozšiřující funkci. Každou z těchto funkcí realizuje jedna záložka. Základní funkce je vysílání DMX512 dat a rozšiřující funkce zajišťuje jednoduché prolínání scén. Tato rozšiřující funkce ještě více zjednodušuje obsluhu základní funkce vysílání.

Testovací aplikace se po svém spuštění sama automaticky připojí k analyzáru DMX512 pomocí USB rozhraní. Pokud je analyzátor k počítači připojen, vypíše se stavové hlášení připojeno a zařízení je připraveno ke komunikaci s aplikací. Jestliže zařízení není v době spuštění testovací aplikace připojeno k počítači, tak vyskočí okno, které oznámí, že nebylo nalezeno žádné podporované zařízení a aplikace se sice spustí, ale bez připojeného zařízení je nefunkční. Také nelze používat obě testovací aplikace najednou. Analyzátor DMX512 může v jednom okamžiku jen data přijímat a nebo vysílat, nikdy ne současně. Při ukončení aplikace se zařízení opět samo automaticky odpojí.

4.2.1 Send

První aplikace se jmenuje Send (vysílání) a skládá se ze dvou záložek. První záložka slouží k nastavení požadovaných hodnot do libovolných DMX512 kanálů. Každý z 512 DMX kanálů je zde reprezentován jednou buňkou ve vysílací mřížce. Zde lze samozřejmě zadávat ručně hodnoty do jednotlivých DMX512 kanálů, což je poměrně zdoluhavé, zejména při nastavování stejných hodnot do všech kanálů. Pro tento účel je zde políčko Fill (vyplnit), kde lze zadat hodnotu, kterou je potřeba vyplnit všechny kanály a po stisku tlačítka Fill se hodnota objeví v celé vysílací mřížce. V protokolu DMX512 je definován rozsah ovládacích hodnot na 1 byte tedy 0 až 255. V aplikaci lze zadat i větší číslo jak 255, ovšem vždy se odesílá jen celý zbytek po dělení 255, tedy pokud se zadá číslo 256, odešle se hodnota 1. Dále se na této záložce nachází políčko StartCode. V praxi se tato funkce příliš nepoužívá a je zde uvedena pouze pro úplnost protokolu DMX512. StartCode je přenášen jako první byte před 512 byty datovými v DMX512 protokolu a původně hodnota StartCode měla rozlišovat, zda se tímto protokolem budou řídit jen jednoduché stmívací zařízení, složitě nebo kombinované osvětlovací systémy.

Nakonec je potřeba všechny zadané hodnoty potvrdit a to stiskem tlačítka Send (odeslat) a nastavené hodnoty se budou vysílat na výstup DMX512 sběrnice, dokud se opět stiskem stejného tlačítka posílání nezastaví. Aplikace je interaktivní, to znamená, že pokud se již vysílají data, tak pořád lze hodnoty zadané ve vysílací mřížce pozměňovat a změny se budou stále automaticky aktualizovat na výstupu DMX512 sběrnice.

Druhá záložka se jmenuje Scenes (scény) a slouží k nastavení více různých scén pro 16 libovolných DMX kanálů. První políčko na této záložce se jmenuje Scene name (jméno scény) a zde se zadává název scény, kterou po nastavení lze uložit a později znovu vyvolat. Následně je potřeba nastavit čísla DMX kanálů na jednotlivé Fadery (posuvníky 1-16), které se budou používat. Potom se nastaví už na jednotlivých posuvnících hodnota, která se bude na daném DMX kanálu přenášet.

Na ostatní DMX kanály se automaticky nastaví nulová hodnota. Po takovém nastavení všech požadovaných kanálů a jejich hodnot, lze pomocí tlačítka Save (uložit) scénu uchovat pro další použití. Po uložení se scéna pod zadaným názvem přidá do seznamu scén List of scenes. Vedle tlačítka Save je ještě jedno tlačítko a to Clear (vyčistit), které vymaže kompletně všechna nastavení dané scény. Pokud se takto vytvoří více různých scén, lze se pak mezi nimi přepínat ručně kliknutím myši na danou scénu nebo pomocí tlačítka Load (načíst). Také lze pro přepínání použít časovač, do kterého se zadá čas, po který bude každá scéna vysílána. Takto se budou po stisku tlačítka Send všechny scény uložené v listu opakovat dokola v zadaném časovém intervalu, dokud vysílání nezastavíme opět stejným tlačítkem. Pokud by bylo potřeba některou scénu ze seznamu odebrat, lze použít tlačítko Delete (smazat), které označenou položku v seznamu smaže. Opět lze zadané hodnoty během vysílání pozměňovat a změny se budou stále automaticky aktualizovat na výstupu DMX512 sběrnice.

4.2.2 Receive

Druhá aplikace se jmenuje Receive (příjem) a slouží k příjmu a zobrazení aktuálně přenášených hodnot na sběrnici DMX512. Po spuštění této aplikace se začnou automaticky zobrazovat DMX data a není potřeba příjem dat nijak aktivovat. Přijímaná data se zobrazují v mřížce s 512 buňkami, kde každá z buněk reprezentuje jeden DMX kanál. Dále je zde políčko StartCode, ve kterém se zobrazuje přenášená hodnota StartCode.

5 ZÁVĚR

Tato práce popisuje moderní aktuálně používané, ale i některé zatím ještě experimentální metody řízení scénické a hudební techniky. Obsahuje ovšem i základní informace o starších, již zažitých a v praxi hojně využívaných metodách pro řízení scénické a hudební techniky. A to z toho důvodu, že většina moderních technologií řízení zábavní techniky je založena právě na těchto již zažitých a praxí ověřených technologiích.

Samotný problém a důvod proč se vymýšlejí nové a nové technologie není to, že ty starší už nedostačují, naopak jsou velmi promyšlené a vhodné pro mnoho dnešních moderních aplikací v zábavním průmyslu. Z tohoto tedy vyplývá, že se nebudou zdokonalovat řídicí metody jako takové, ale jejich distribuční systém, tedy metody a způsoby přenosu informací od vysílače k přijímači a právě v tomto spočívá samotná inovace.

Moderní metody řízení scénické a hudební techniky dnes jako přenosové médium využívají lokálních sítí, ethernetu, internetu, bezdrátových sítí, rozhraní Fire-Wire (IEEE 1394), ale stále i MIDI (Musical Instruments Digital Interface) rozhraní. Přenos řídicích dat pomocí lokálních a jiných sítí je zatím ve většině případů založen na síťovém protokolu TCP/IP, který dokáže zaručit bezchybný přenos dat. Toto je využito u klasického DMX512, což je původně časově kritický protokol a nesmí se používat jako takový pro řízení mechanických zařízení nebo pyrotechnických efektů, které by mohly způsobit vlivem chyby v přenosu dat nějakou nehodu. Nová metoda přenosu DMX512 pomocí TCP/IP protokolu nám umožní zajistit bezchybnou komunikaci a tedy i větší spolehlivost.

A nejen spolehlivost je důvod proč se využívá síťových protokolů. Dalším důvodem je možnost využití osobního počítače, který má síťovou kartu, kdy pomocí příslušného programového vybavení ním můžeme řídit rozsáhlé sítě světelných a hudebních zařízení třeba i z pohodlí svého domova.

Je nutno také zmínit, některé zatím ještě nové a stále se rozvíjející metody přenosu dat založené například na RTP (Real Time Protocol), které v budoucnu umožní zprostředkovat třeba hudební zkoušku celé hudební kapely pomocí internetu, nebo některé jiné otevřené technologie založené na MAC OS X či Linuxové platformě, musíme si uvědomit, že jejich další rozvoj teprve ukáže zda si v praxi dokáží najít své místo.

Mezi dnes nejběžněji v praxi užívané technologie patří zejména Yamaha mLAN, která se hodí především do moderních nahrávacích studií a to zejména pro svou komplexnost a jednoduchost propojení jedním typem kabelu (kabel Fire-Wire). Další často používanou technologií je ArtNet od firmy Artistic Licence.

Snahou v této práci bylo shromáždění informací o nových a dostupných technolo-

giích pro řízení scénické a hudební techniky a naznačení pro jaké účely lze jednotlivé technologie nebo metody spolehlivě využívat a k čemu se naopak nehodí.

Informace shromážděné v této práci poskytly také teoretický základ pro návrh a realizaci DMX512 Analyzáru s připojením na USB. Jednalo se zejména o protokol DMX512, kterému je v práci věnována jedna celá samostatná kapitola. Tato kapitola popisuje teoretickou část DMX512 protokolu, ale i samotnou realizaci sběrnice DMX512 včetně zapojení kabelů a konektorů.

Obvod FTDI FT232BL použitý v DMX512 Analyzáru s připojením na USB se po vlastní realizaci a odzkoušení tohoto zařízení v praxi na osvětlovacích systémech ukázal jako nevhodný pro toto zapojení. Zejména z důvodu výpadků komunikace při příliš vysokých obnovovacích frekvencích. Také obvod SIPEX SP481 není příliš vhodný pro toto zapojení, protože se jedná o nízko výkonový vysílač/přijímač RS485 a z důvodu úspory energie nedokáže dostatečně vybudit DMX512 sběrnici, proto opět dochází k výpadkům komunikace mezi zařízeními. Tyto problémy by se teoreticky daly odstranit použitím obvodů FTDI FT232RL a Texas Instruments SN75176. Obvod SN75176 poskytuje budící proud do sběrnice DMX512 až 60 mA oproti použitému SP481, který umožňuje dodat budící proud pouze 4 mA. FT232RL v sobě sdružuje několik nových funkcí, oproti použitému FT232BL, jako je integrovaný časový generátor, paměť EEPROM, rezistory pro připojení USB sběrnice, RC filtr pro pin AVCC, konfigurovatelné CBUS/IO piny, novou technologii vyrovnávací paměti pro vyšší propustnost dat a možnost nastavení zpoždění vyrovnávací paměti pro přizpůsobení různým typům protokolů jako je například DMX512.

LITERATURA

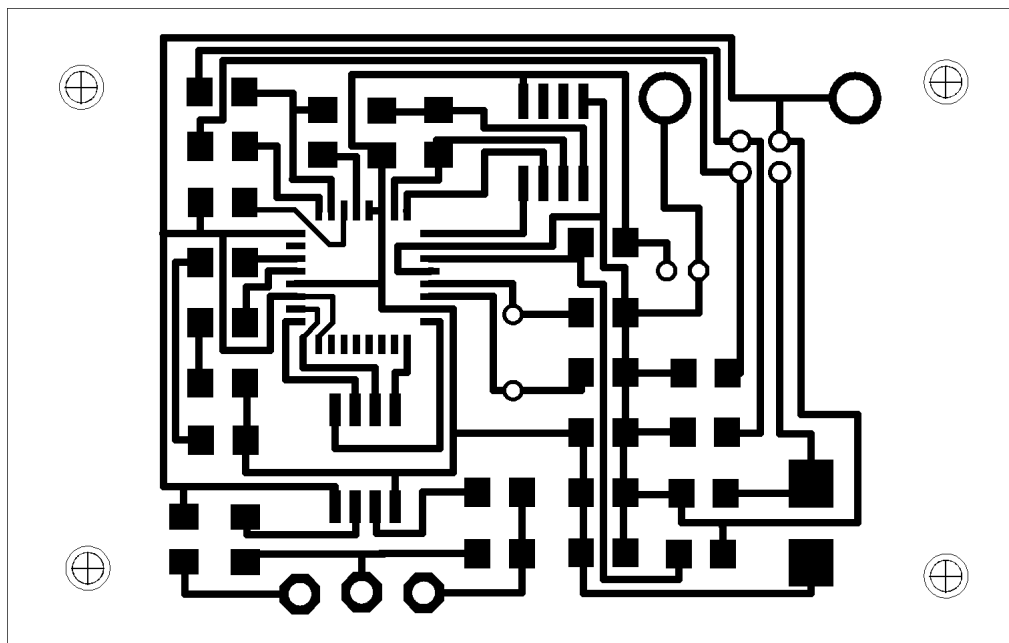
- [1] The Complete MIDI 1.0 Detailed Specification, document version 96.1, MIDI Manufacturers Association, Japan MIDI Standard Committee, 1997.
- [2] SCHIMMEL, J., Komunikační protokol MIDI. Elektrovue - Internetový časopis (<http://www.elektrovue.cz>), 2002, roč. 2002, č. 69., s. 1-10., ISSN 1213-1539.
- [3] HANSEN, K., A Practical Implementation of the EBU ESBus. The 90th AES Convention, Preprint 3044 (G-6). Paris, 1991.
- [4] MacCabe, C., DILLON, B. ESBus Network Computer Management for Music-to-Picture Recording. The 98th AES Convention, Preprint 4012 (O1). Paris, 1995.
- [5] Art-Net II, Specification for the Art-Net II Ethernet Communication Standard, Artistic Licence (UK) Ltd. 2002-2007.
- [6] SCHIMMEL, J., Metody synchronizace audio a video zařízení. Elektrovue - Internetový časopis (<http://www.elektrovue.cz>), 2002, roč. 2002, č. 51., s. 1-10. ISSN 1213-1539.
- [7] CHD Elektroservis. CHD ELEKTROSERVIS : MIDI KOMUNIKACE [online]. 1999-2008 , 14.5.2008 [cit. 2008-02-26]. Dostupný z WWW: <http://www.chd-el.cz/index.php?id=89/>.
- [8] Wikipedia, otevřená encyklopedie [online]. 2001 , 10.4.2008 [cit. 2008-03-12]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/MIDI/>.
- [9] Future Technology Devices International Ltd.. FTDI Chip [online]. 2007 [cit. 2008-04-29]. Dostupný z WWW: <http://www.ftdichip.com/Products/FT232BM.htm/>.
- [10] ŠIMEK, Petr. SVĚTLA.CZ [online]. 2002 [cit. 2008-04-14]. Dostupný z WWW: <http://www.muweb.cz/kultura/svetla/protokol.htm/>.
- [11] WRIGHT, Jim. OpenMuse : Open-source software and standards for creating music [online]. 2003 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <http://openmuse.org/>.
- [12] DOW, Joanne. The E-Show™ MIDI Tools and Network Drivers [online]. 2008 [cit. 2008-03-25]. Dostupný z WWW: <http://www.richmondsounddesign.com/rsd4.html/>.

- [13] YAMAHA Corporation. YAMAHA : Musical Instruments and ProAudio Equipment [online]. 2003 [cit. 2008-04-02]. Dostupný z WWW: <http://www.yamaha-europe.com/>.
- [14] NEWTON, Simon . Nomis52.net : DMX over IP [online]. 2004-2006 , 13.6.2006 [cit. 2007-03-05]. Dostupný z WWW: <http://www.nomis52.net/>.
- [15] Wikipedia, otevřená encyklopedie [online]. 2001 , 18.4.2008 [cit. 2008-05-12]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/POSIX/>.
- [16] Sabre Technology : How DMX512 works [online]. 1995 [cit. 2008-02-15]. Dostupný z WWW: <http://www.sabretechnology.co.uk/dmxwork.htm/>.
- [17] ERIKSSON, Ola. DMX Without Wires [online]. 2000-2004 [cit. 2008-02-17]. Dostupný z WWW: <http://www.mreriksson.net/miscdocs/dmx-without-wires/>.

SEZNAM PŘÍLOH

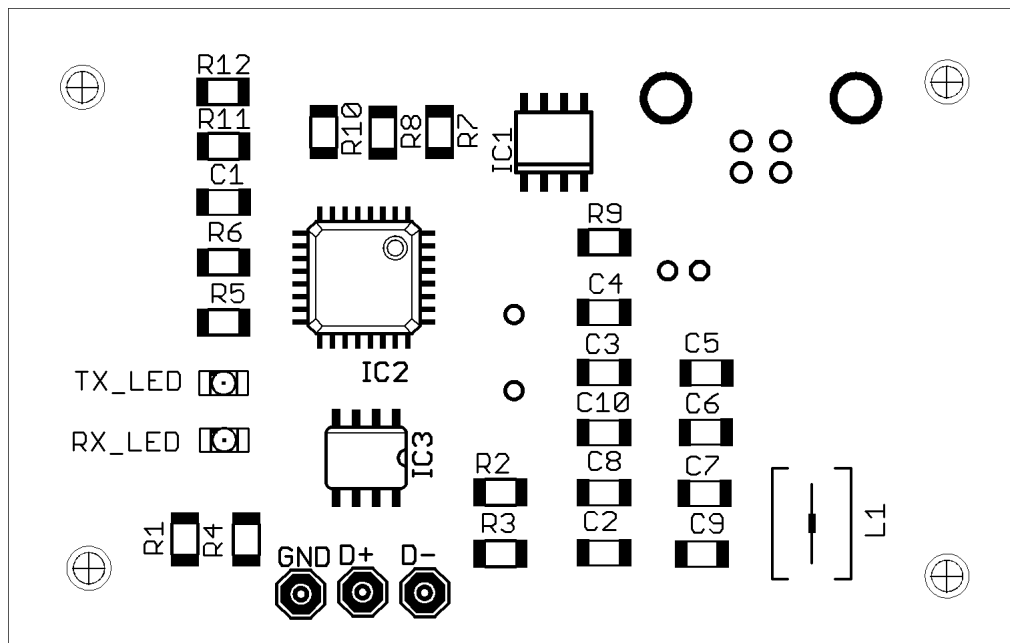
A	Analyzátor DMX512 s připojením na USB	52
A.1	Schéma zapojení	52
A.2	Deska plošného spoje	53
A.3	Osazovací plán Bottom	54
A.4	Osazovací plán Top	55
A.5	Seznam použitých součástek	56

A.2 Deska plošného spoje



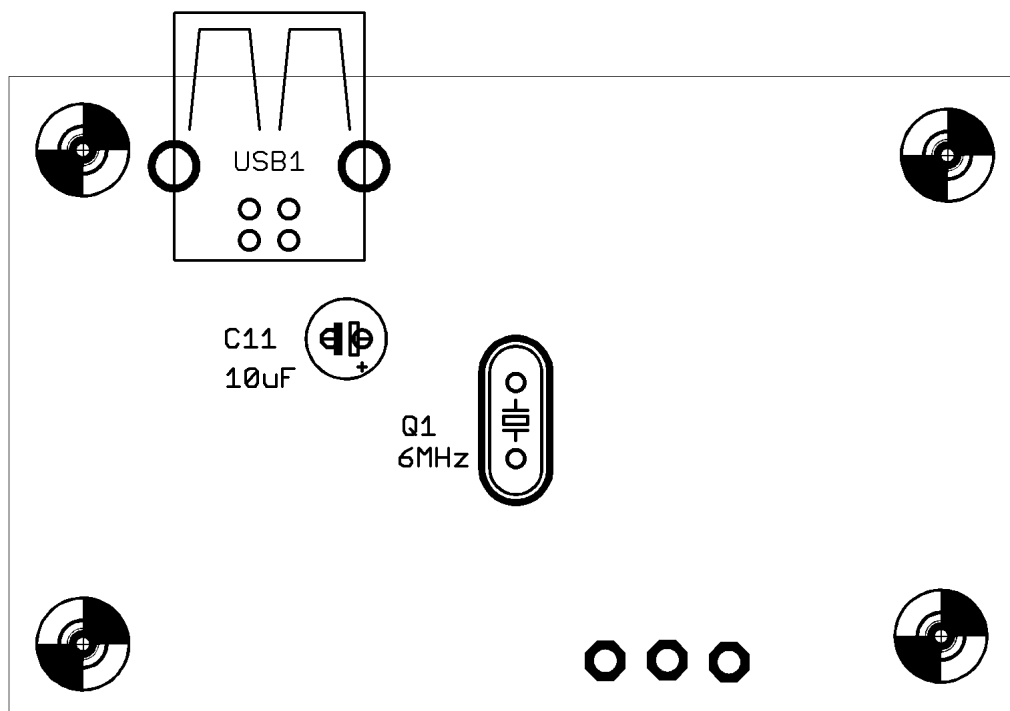
Obr. A.2: Deska plošného spoje (skutečný rozměr je 40x65mm)

A.3 Osazovací plán Bottom



Obr. A.3: Osazovací plán Bottom

A.4 Osazovací plán Top



Obr. A.4: Osazovací plán Top

A.5 Seznam použitých součástek

Seznam součástek		
Součástka:	Hodnota:	Pouzdro:
C1	33nF	SMD C1206
C2	100nF	SMD C1206
C3, C4	27pF	SMD C1206
C5, C6	47pF	SMD C1206
C7	10nF	SMD C1206
C8, C9, C10	100nF	SMD C1206
C11	10uF	CPOL-E2-5
R1, R2, R4	10R	SMD R1206
R3	120R	SMD R1206
R5, R6	220R	SMD R1206
R7	2k2	SMD R1206
R8	10k	SMD R1206
R9	470R	SMD R1206
R10	1k5	SMD R1206
R11, R12	27R	SMD R1206
IC1	93-C46ASN	SO-08
IC2	FT232BL	LQFP-32
IC3	MAX481CSA	SO-08
L1	100uH	WE-5HOLE-SMD_7427511
Q1	6MHz	HC49/S
RX_LED	zelená	3mm LED
TX_LED	červená	3mm LED
USB1	konektor	USB-B-H
XLR1	zásuvka	XLR 186
XLR2	vidlice	XLR 187

Tab. A.1: Seznam použitých součástek