

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

POČÍTAČOVÉ ROZHRANÍ PRO OVLÁDÁNÍ INTELIGENTNÍCH SVĚTEL POMOCÍ PROTOKOLU DMX- 512

COMPUTER INTERFACE FOR INTELLIGENT LIGHT CONTROL VIA DMX-512

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Stanislav Fučík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Musil

BRNO 2020

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Mikroelektronika a technologie**

Ústav mikroelektroniky

Student: Stanislav Fučík

ID: 155828

Ročník: 3

Akademický rok: 2019/20

NÁZEV TÉMATU:

Počítačové rozhraní pro ovládání inteligentních světel pomocí protokolu DMX-512

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Provedte rešerši na téma principu funkce řídicího protokolu DMX-512. Navrhněte zařízení, které bude umožňovat vzdálené ovládání světelné techniky s využitím tohoto protokolu. Dále vytvořte grafickou aplikaci, která bude umožňovat ovládání světel pomocí počítače s využitím tohoto rozhraní. Celý systém ovládání poté otestujte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 3.2.2020

Termín odevzdání: 8.6.2020

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Musil

doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.
předseda rady studijního programu

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

Bakalářská práce se zabývá vytvořením grafického rozhraní pro ovládání světelné techniky za použití protokolu DMX512. Grafické rozhraní je realizováno, jako webová aplikace (frontend), která komunikuje skrze API s konzolovou aplikací (backend), který se stará o vlastní komunikaci se světelnou technikou.

KLÍČOVÁ SLOVA

DMX512, XLR3, XLR5, LED pásy, světelná technika, profesionální osvětlení, ovládání světel, dekóder pro světla

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with a creation of a graphical interface for the control of light devices using DMX512 protocol. The graphical interface is implemented as a web application (frontend), that communicates through API with a console application (a backend). The backend realizes direct communication with lighting devices.

KEYWORDS

DMX512, XLR3, XLR5, LED strips, lighting technology, professional lighting, light control, decoder for lights

FUČÍK, Stanislav. *Počítačové rozhraní pro ovládání inteligentních světel pomocí protokolu DMX-512*. Brno, 2020, 46 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav mikroelektroniky. Vedoucí práce: Ing. Tomáš Musil

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Počítačové rozhraní pro ovládání inteligentních světel pomocí protokolu DMX-512“ 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 autorského 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.

Brno

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Tomáši Musilovi za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Obsah

Úvod	10
1 Specifikace protokolu DMX512	11
1.1 Elektrická specifikace	11
1.2 Kabely	11
1.3 Konektory	12
1.4 Limity	13
1.5 Logická vrstva	14
1.6 Zapojení	15
2 Komponenty	16
2.1 Převodník USB na RS485	16
2.2 Dekodér protokolu DMX512	17
2.3 Osvětlovací technika	18
2.3.1 LED pásy	18
2.3.2 Profesionální osvětlení	19
2.4 Terminátor	19
2.5 Logický analyzátor	20
3 Programové řešení	21
3.1 Konzolová aplikace	21
3.1.1 Implementace protokolu DMX512	22
3.1.2 Webový server a API	22
3.2 Webová aplikace	22
4 Realizace zařízení	23
4.1 Box pro zařízení	23
4.2 Přepínač výstupu	24
5 Výsledné rozhraní	25
5.1 Metody API	25
5.1.1 Nastavení statické hodnoty na všechny kanály	25
5.1.2 Nastavení statické hodnoty na specifikovaný kanál	25
5.1.3 Nastavení dynamické hodnoty na všechny kanály	26
5.1.4 Nastavení dynamické hodnoty na specifikovaný kanál	26
5.1.5 Přihlášení	27
5.1.6 Odhlášení	27
5.2 Webserver	27

5.3	Webová aplikace	28
	Závěr	32
	Literatura	33
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	35
	Seznam příloh	36
	A Obsah zip	37
	B Box	38
	C Deska plošných spojů	42

Seznam obrázků

1.1	Komunikační rámeček protokolu DMX-512	14
1.2	Ukázkové zapojení zařízení využívající protokol DMX512	15
2.1	Schéma testovacího prostředí	16
2.2	Dekodér USB na RS485	16
2.3	Dekodér protokolu DMX512	17
2.4	Adresovatelný LED pásek	18
2.5	Profesionální osvětlení využívající protokol DMX512	19
2.6	Logický analyzátor s konektorem USB	20
2.7	Dekodování protokolu DMX512 s použitím programu PulseView	20
3.1	Základní princip uspořádání vláken v konzolové aplikaci	21
4.1	Schéma komponent v boxu	23
4.2	Finální podoba boxu	24
5.1	Formulář pro přihlášení do aplikace	28
5.2	Rozhraní pro ovládání všech kanálů najednou na statickou hodnotu	29
5.3	Rozhraní pro ovládání jednoho kanálu na statickou hodnotu	29
5.4	Rozhraní pro ovládání všech kanálů najednou na dynamickou hodnotu	30
5.5	Rozhraní pro ovládání jednoho kanálu na dynamickou hodnotu	30
5.6	Rozhraní pro DMX512 pult	31
B.1	Spodní a horní díl boxu	38
B.2	Zadní díl boxu	38
B.3	Přední díl boxu	38
C.1	Schéma obvodu pro přepínání výstupu - část 1	42
C.2	Schéma obvodu pro přepínání výstupu - část 2	43
C.3	Schéma obvodu pro přepínání výstupu - část 3	44
C.4	Návrh desky bez vylití pro země	45
C.5	Horní vrstva desky plošných spojů	46
C.6	Horní vrstva desky plošných spojů	46

Seznam tabulek

1.1	Zapojení XLR5 konektoru	12
1.2	Zapojení XLR3 konektoru	12
1.3	Zapojení 8P8C konektoru	13

Úvod

Světelné technika se stala běžnou a nedílnou součástí našich životů, se kterou se setkáváme každý den. Od jednoduchých interiérových světél se žárovkou až po komplexní světelné soustavy na koncertech čítající i stovky světelných zařízení. S rostoucími nároky na světelné efekty, roste i jejich komplexnost a nutnost jejich ovládní, což vedlo ke vzniku průmyslového standardu DMX512.

Cílem této práce je seznámit se protokolem a vytvořit grafické počítačové rozhraní pro ovládní světelné techniky připojené přes rozhraní DMX512 k počítači a posléze ho otestovat na reálné profesionální světelné technice. Grafické rozhraní bude realizované, jako webová aplikace, kterou je možné použít na běžném počítači nebo mobilním zařízení.

1 Specifikace protokolu DMX512

Jedná se o protokol navržený v roce 1986 pro profesionální ovládání světelné techniky za účelem vytvoření specifických světelných efektů a je považován za průmyslový standard. Specifikace zahrnuje elektrické parametry, formát dat, topologii zapojení atd. Před vytvořením protokolu DMX512 se používala řada analogových protokolů, které však byly výrazně citlivější na rušení, způsobené vysokým výkonem světelné techniky. Za slabinu protokolu DMX512 lze označit chybějící detekci chyb ve spojení pomocí kontrolních součtů (CRC) a fakt, že neumožňuje detekovat ztrátu komunikace s připojenými zařízeními.

1.1 Elektrická specifikace

Je založena na osvědčeném standardu RS-485/EIA-485/TIA-485[2], jehož základní vlastnosti jsou

- diferenciální napěťový přenos po dvojlince,
- vícenásobný počet přijímačů v jednom segmentu,
- neomezený počet segmentů,
- impedančně přizpůsobená linka,
- minimální citlivost přijmače musí být ± 200 mV,
- maximální povolené napětí na vedení je 12 V.

DMX512 je specifikován jako poloviční duplex, pro jeho funkčnost jsou tedy potřeba dva vodiče pro data a jeden vodič pro zem.

1.2 Kabely

Pro přenos dat je doporučováno používat kabel v souladu s EIA485 nebo EIA482. Specifikace dále zmiňuje, že použití kabelu Cat5 a Cat6 je akceptovatelné [1]. Při použití těchto kabelů, je však třeba vzít v úvahu, že tyto kabely obsahují čtyři kroucené páry vodičů, nicméně nejkvalitnější přenos dat je realizován s využitím pouze jednoho páru vodičů. Dle parametrů instalované sestavy světelných zařízení může být kabel určen pro stálou instalaci nebo pro přenosné použití.

Na každém vodiči dochází vlivem jeho odporu k poklesu napětí, pokud je pokles příliš velký, tak hrozí, že integrovaný obvod nebude správně detekovat logické hodnoty na jeho vstupu. Odpor vodiče závisí na zvoleném vodivém materiálu, ploše průřezu, délce a teplotě. Elektrický šum způsobuje nežádoucí změnu napětí na vodiči (vliv šumu lze redukovat za použití stínění). Použití kabelu, který nesplňuje zmiňované specifikace způsobuje pokles maximální délky kabelu, na kterém je možné zařízení provozovat.

1.3 Konektory

Aktuální specifikace protokolu DMX512 umožňuje používat pouze pěti pinový konektor XLR5 [1], v praxi se však běžně lze setkat i s tří pinovým XLR3 a osmi pinovým 8P8C konektorem. U některých konektorů je definován i druhý pár datových vodičů. Nicméně využití druhého datového páru není v této specifikaci definováno, proto nejsou v běžné praxi používány.

Konektor XLR5 je jediný typ konektoru, který má být dle specifikace používán. Kromě ovládání světelné techniky se lze setkat s jeho použitím i při DC napájení zvukových sestav nebo při připojení stereo mikrofonů.

Tab. 1.1: Zapojení XLR5 konektoru

Pin	Funkce
1	Zem 0 V
2	Data 1 -
3	Data 1 +
4	Data 2 -
5	Data 2 +

Konektor XLR3 není podle organizace USITT v souladu se standardem pro DMX512 [1], ale je používaným standardem pro profesionální audio techniku. I přesto se však používá z důvodu příznivější ceny výsledného zařízení. Nižší cena zařízení je způsobena tím, že XLR3 je levnější než XLR5 a pro zapojení stačí použití pouze tří vodičového kabelu (XLR5 vyžaduje pěti vodičový kabel). Kabel je v řadě případů určen pro použití v audio technice, které nemusí být vhodné pro DMX512 zařízení. V audio technice se může objevit i napětí 48 V, což v případě záměny může poškodit DMX512 zařízení.

Tab. 1.2: Zapojení XLR3 konektoru

Pin	Funkce
1	Zem 0 V
2	Data 1 -
3	Data 1 +

Konektor 8P8C se používá nejčastěji s kabely Cat5/Cat6/Cat7, vzhledově je tedy totožný se síťovým kabelem (s konektorem RJ45), který má však jiné zapojení pinu a může se na něm objevit napětí až 57 V (Power over Ethernet). Případná záměna tedy může vést k poškození či zničení zařízení, čemuž se částečně zabraňuje nezapojením pinu 4 a 5.

Tab. 1.3: Zapojení 8P8C konektoru

Pin	Funkce
1	Data 1 +
2	Data 1 -
3	Data 2 +
4	Nepřipojeno
5	Nepřipojeno
6	Data 2 -
7	Zem 0 V
8	Zem 0 V

Existuje však i řada dalších zapojení, například firma Color Kinetics má verzi tohoto konektoru (data -, data +, zem, zbytek nepřipojen)[12].

1.4 Limity

DMX512 přímo nespecifikuje maximální vzdálenost přes kterou je schopen komunikovat. Avšak podle organizace USITT [1] je teoretická maximální vzdálenost kolem 1 km, ale je doporučováno maximálně 300-455 m a pro delší vzdálenosti použít jeden nebo případně více rozbočovačů.

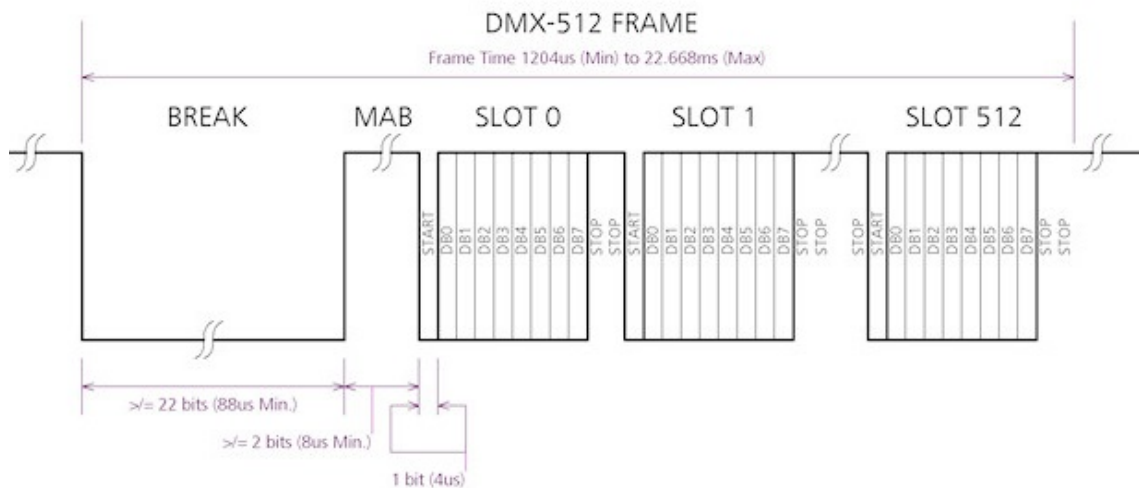
Topologie zapojení do řetězce (daisy-chain) umožňuje maximálně připojit 32 zařízení [13], proto je nutné při použití více zařízení jej rozdělit do více segmentů. Obecně je doporučováno nezapojovat zařízení od rozdílných výrobců na stejný segment [17]. Tato topologie má nevýhodu, že případné poškození kabelu může vyřadit celou světelnou soustavu z provozu.

Protokol nepoužívá metody pro automatickou detekci chyb a jejich případné opravy (paritní bit, CRC, ...), neumožňuje detekovat ztrátu komunikace s připojenými zařízeními a nepodporuje ani získání informací o připojených zařízeních. Toto vede k tomu, že je nevhodný pro použití v aplikacích pro ovládání zábavné pyrotechniky [17].

Vzhledem k používání dlouhých kabelů a absence automatické detekce chyb se nejčastěji projevují problémy způsobené elektromagnetickým rušením a elektrostatickými výboji [17]. Tyto problémy bývají způsobeny kabely s nedostačujícím stíněním nebo špatným kontaktem konektoru. Jedním ze zdrojů elektromagnetického rušení bývá silové vedení sloužící k napájení světelné techniky, je tedy doporučeno kabely vést separátně, jelikož paralelní vedení by vedlo k zvýšení rušení na datových vodičích.

1.5 Logická vrstva

DMX512 [4] specifikuje délku symbolu, jako $4.00 \pm 0.08 \mu s$. Z čehož plyne, že používaná rychlost přenosu dat je 250 kbaud/s. Přenos dat probíhá asynchronně, v režimu half-duplex bez použití paritního bitu nebo jiné formy detekce chyby v přenosu dat.



Obr. 1.1: Komunikační rámec protokolu DMX-512 [3]

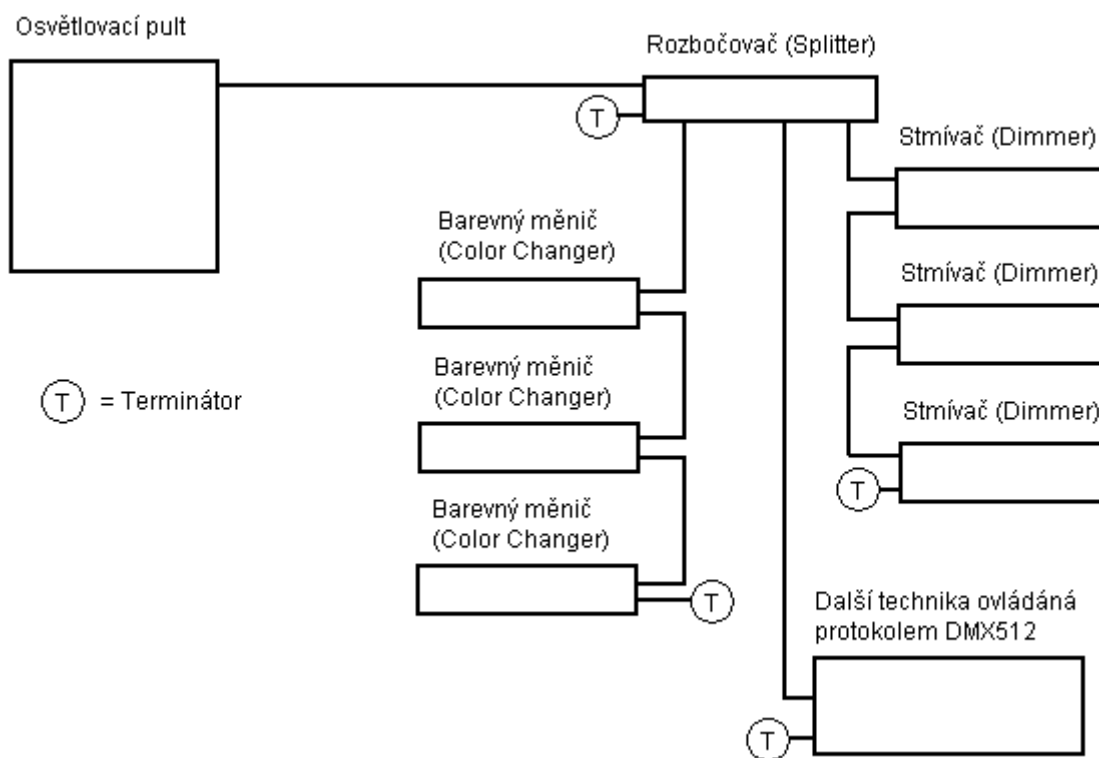
Přenos dat započne pomocí stavu BREAK, který je realizován logickou 0, která trvá minimálně $88 \mu s$, maximálně 1 s. Následuje stav MAB, což je logická 1, která trvá minimálně $8 \mu s$, maximálně 1 s. Nakonec je posílán START CODE (SLOT0) a poté 512 kanálů (SLOT1 až SLOT512). Slot je složen z 8 bitů dat, 1 start bit (logická 0), a 2 stop bit (logická 1), což znamená, že jeden přenos jednoho slotu trvá $44 \mu s$.

Za ideálních podmínek, kdy přenášíme nepřetržitě informace o aktuálním stavu kanálů, tak dochází ke vzniku nulového MTBF, MTBP a protože minimální doba potřebná k jednomu přenosu je $22668 \mu s$, tak lze dosáhnout maximální obnovovací frekvence 44 Hz [8].

1.6 Zapojení

DMX512 je založeno na master/slave modelu zapojeného do řetězce (topologie daisy chain). Master zařízení je zdrojem dat, která jsou posílána na slave zařízení.

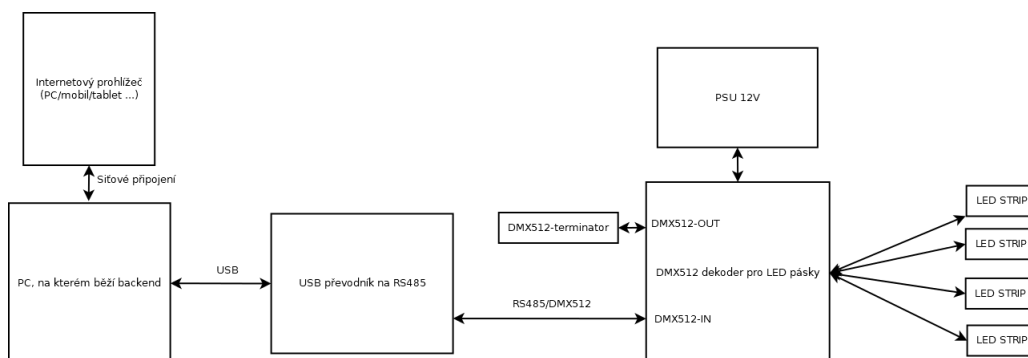
V řadě případů se používá jako slave zařízení rozbočovač (splitter), který má jeden DMX512 vstup a několik výstupů. Vstup rozbočovače se chová jako slave a jeho výstupy jako master. Rozbočovač se nejčastěji používá z důvodu navýšení počtu připojených zařízení (je doporučováno maximálně 32 zařízení na jeden segment) [12]. K překonání velké vzdálenosti (maximální doporučovaná délka kabelu je 455 m) [1]. Lze však také použít z organizačních důvodů, například rozdělit zařízení podle funkce (stmívač, měnič barev, ...) nebo jejich fyzické lokace (před pódium, za pódium, ...).



Obr. 1.2: Ukázkové zapojení zařízení využívající protokol DMX512 [11]

2 Komponenty

K DMX512 dekodéru je připojen napájecí zdroj, který napájí dekodér a připojené LED pásy. PC je připojeno k dekodéru na DMX-IN skrze převodník. Do dekodéru na DMX-OUT je zapojen terminátor, protože se jedná o poslední zapojené DMX512 zařízení. Webový prohlížeč komunikuje s PC přes síťové připojení.



Obr. 2.1: Schéma testovacího prostředí

2.1 Převodník USB na RS485

Běžné počítače nedisponují konektorem použitelným pro DMX512, nicméně existuje deska do PCIE [14], ale ta není podporována na aktuálních verzích operačních systémů. Běžně jsou však dostupné převodníky USB na RS485, kde je výstupní konektor realizován svorkou, do které je možné připojit kabel s libovolným konektorem (XLR3/XLR5/8P8C). Jediným omezením je, že podporuje pouze jeden kanál pro DMX512, což však nepředstavuje problém, protože druhý datový kanál nemá specifikované použití a běžnou praxí je ho ponechat nevyužitý.



Obr. 2.2: Dekodér USB na RS485 [6]

2.2 Dekodér protokolu DMX512

Dekodér umožňuje připojit zařízení, která nemají vlastní integrovaný DMX512 dekodér, například lze s jeho pomocí připojit LED pásy a následně je ovládat pomocí protokolu DMX512. Za účelem testování byl zvolen 4-kanálový dekodér [18], který podporuje připojení pomocí XLR3 a 8P8C konektoru.



Obr. 2.3: Dekodér protokolu DMX512 [18]

Dekodér disponuje devíti DIP přepínači. První přepínač slouží k přepnutí režimu dekodéru mezi vestavěnou funkcí pro self-test a dekodérem. Pokud je v režimu self-testu, tak následujících osm přepínačů slouží ke specifikaci testu (volba testovaných kanálů a rychlost změny výstupního napětí). V režimu dekodéru jsou užity tyto přepínače k nastavení počáteční DMX512 kanálu. Dekodér reaguje pouze na nastavený počáteční kanál, následující tři kanály a ostatní kanály zcela ignoruje.

Dekodér má na zadní straně dvorku pro připojení externího napájecího zdroje a čtyř kanálů, ke kterým lze připojit například LED pásy. Pro každý kanál je schopen dekodér dodat proud 4 A při napětí 12 a 24 V, za předpokladu, že externí napájecí zdroj je na to připraven. Má výstupní konektor a je tedy nutné připojit další DMX512 zařízení nebo použít terminátor pro správnou funkčnost zařízení. Výrobce tohoto dekodéru [18] zakazuje současně použití 8P8C a XLR3 konektoru, zda to vede k poškození zařízení není specifikováno.

2.3 Osvětlovací technika

V osvětlovací technice se lze setkat s celou řadou různých zařízení od světel až po výrobny mlhy. Některé mají zabudovanou podporu DMX512 a u dalších ji lze získat použitím externích dekodérů.

2.3.1 LED pásy

LED pásy jsou tvořeny ohebnými plošnými spoji, které jsou osazeny LED čipy a rezistory. Nejjednodušší pásy na trhu mají pouze dva vstupy a intenzita světla je ovládána napětím mezi nimi, intenzita záření je při zanedbání ztrát na vedení stejná na všech LED čipech. Nejběžněji dostupné pásy jsou určeny pro 12 a 24 V.

Pásy je možné prodlužovat či zkracovat změnou počtu připojených sekcí. Sekce je nejmenší dílek, na který můžeme pásek rozdělit a při tom zachovat jeho funkčnost. Maximální délka pásu závisí na napájecím napětí a ztrátách na vedení. Výkonné LED pásy produkují nežádoucí teplo, které je nutné odvádět, což je možné řešit umístěním a přilepením pásu do hliníkové lišty.

Kromě jednoduchých jednobarevných pásků existují také RGB pásy a adresovatelné pásy. RGB pásy mají čtyři vstupní vodiče, jeden pro zem a zbylé tři pro na sobě nezávislou kontrolu intenzity barevných složek (červené, zelené a modré), zdroje světla pro jednotlivé barvy bývají nejčastěji realizovány jedním LED čipem. Intenzita záření napříč celou délkou RGB pásu je konstantní pokud nebereme v úvahu ztráty na vedení.

Adresovatelné pásy [19] mají tři vstupní vodiče, dva slouží k napájení a jeden pro přenos dat. Na datovém vodiči jsou přenášeny symboly o délce trvání $1.25 \mu\text{s} \pm 600 \text{ ns}$. LED čip přijímá data z datového vodiče, kde použije prvních dvacetčtyři bitů (prvních 8 bitů je zelená složka, poté následuje 8 bitů červené složky a zbylých 8 bitů patří modré složce) a zbytek dat pošle dále. Minimální přestávka mezi přenosy dat je stanovena na $50 \mu\text{s}$.



Obr. 2.4: Adresovatelný LED pásek [16]

2.3.2 Profesionální osvětlení

Profesionální osvětlení mají dekodér i PSU zabudovaný uvnitř. Informace o potřebných kanálech pro provoz zařízení bývají v uživatelských manuálech. Zařízení obvykle disponuje DIP přepínačem, nebo nějakým jiným ovládacím prvkem, který umožňuje nastavit kanály, případně použití některé z vestavěných funkcí.



Obr. 2.5: Profesionální osvětlení využívající protokol DMX512 [15]

2.4 Terminátor

DMX512 vyžaduje použití terminátoru $120 \Omega \pm 5\%$ / -10% (tedy $108-126 \Omega$) [4]. Terminátor lze vytvořit připojením $120 \Omega/0.5 \text{ W}$ odporu mezi druhý a třetí pin XLR3/XLR5 konektoru. Komerčně dostupné terminátory jsou také vytvořeny tímto způsobem. Některé zařízení mají pouze DMX512 vstup a nemají výstup, v takových případech je terminátor integrován přímo v zařízení.

2.5 Logický analyzátor

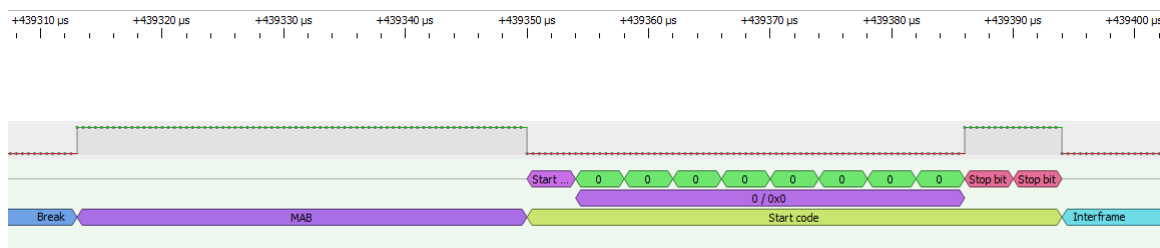
Logický analyzátor umožňuje zachytit data posílaná po datových linkách. Existuje v provedení s displejem, kde se zobrazují zachycená data nebo bez monitoru, kde slouží pouze k zachycení dat, proto následné zpracování a zobrazení dat probíhá na dalším zařízení. Logické analyzátoři jsou schopné zaznamenat jak digitální, tak i analogový signál.

Logický analyzátor (Saleae Logic Analyzer 24 MHz 8CH [7]), který byl použit k ověření funkčnosti programu nemá displej a data předává prostřednictvím USB počítači, kde jsou poté data zpracována v programu PulseView. Tento analyzátor je schopen monitorovat až 8 digitálních kanálů se vzorkováním do 24 MHz. Pomocný program následně umožňuje zobrazit jejich průběh a případně tato data dále zpracovávat.



Obr. 2.6: Logický analyzátor s konektorem USB [7]

PulseView umožňuje dekodovat protokol DMX512 a tím usnadňuje ověřování správné funkčnosti programu. Případné chyby v komunikaci je schopen program detekovat a uživatele programu na ně upozorňovat.



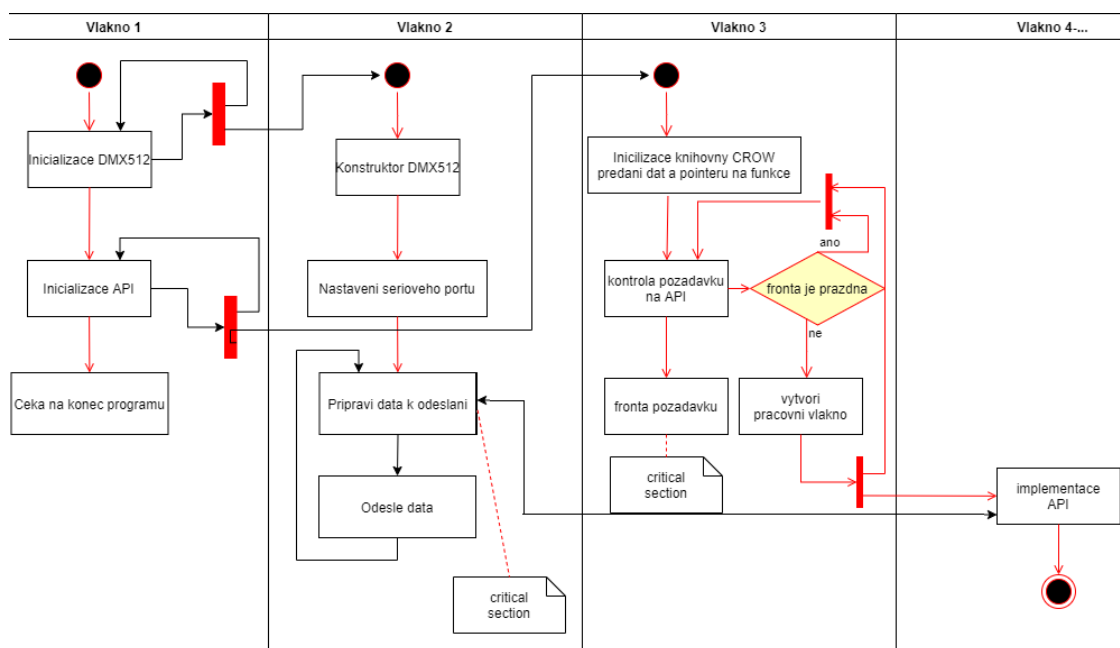
Obr. 2.7: Dekodování protokolu DMX512 s použitím programu PulseView

3 Programové řešení

Program je rozdělen na dvě části. Konzolová aplikace se stará o komunikaci s HW, poskytuje API a webový server pro potřeby webové aplikace. Tato webová aplikace představuje grafické rozhraní, které umožňuje uživateli ovládat světelnou techniku a na základě změn, které uživatel provede komunikuje s konzolovou aplikací.

3.1 Konzolová aplikace

Konzolová aplikace je napsána v jazyce C++ s použitím opensource knihoven (Boost a Crow). Aplikace nemá žádný grafický výstup, ale pouze textový výstup do konzole. Značná část kódu je již napsána multiplatformně. Pouze kód pro komunikaci přes sériovou linku používá knihovnu specifickou pro operační systém Windows. Avšak třída "SerialPort" je připravena pro specifickou implementaci na Linuxu s použitím knihovny termios.h. Vzhledem k tomu, že v kódu jsou používána vlákna, tak bylo nutné kritické sekce ošetřit pomocí mutexu.



Obr. 3.1: Základní princip uspořádání vláken v konzolové aplikaci

3.1.1 Implementace protokolu DMX512

Komunikace pomocí DMX512 protokolu je implementována ve třídě "DMX512". Tato třída se chová jako jedináček a obsahuje proměnou s aktuálními stavy kanálů a poskytuje mu funkce pro nastavení a získání aktuálních hodnot specifického kanálu. Při vytvoření této třídy vzniká samostatné vlákno, které nepřetržitě provádí aktualizaci stavů DMX512 zařízení. Samotná komunikace probíhá skrze třídu "SerialPort", která byla vytvořena za účelem sjednocení rozhraní napříč všemi platformami.

3.1.2 Webový server a API

Ve třídě "API" je implementována jako jedináček, ale neposkytuje žádné funkce, protože v konstruktoru provede inicializaci knihovny Crow a předá jí všechna data a odkazy na funkce, které následně knihovna Crow používá k implementaci metod API. Knihovna Crow běží v jednom hlavním vlákně a při obdržení požadavku na API vytváří další samostatné vlákno pro zpracování jednoho požadavku (pro každý požadavek vzniká nové vlákno, které po dokončení požadavku zaniká).

Webový server je implementován jako speciální případ API, kdy je vždy vrácen obsah specifikovaného souboru dat. API a webový server jsou dostupné přes port 8080. API je určena pro potřeby webové aplikace, ale je možné ji použít i jinými aplikacemi.

3.2 Webová aplikace

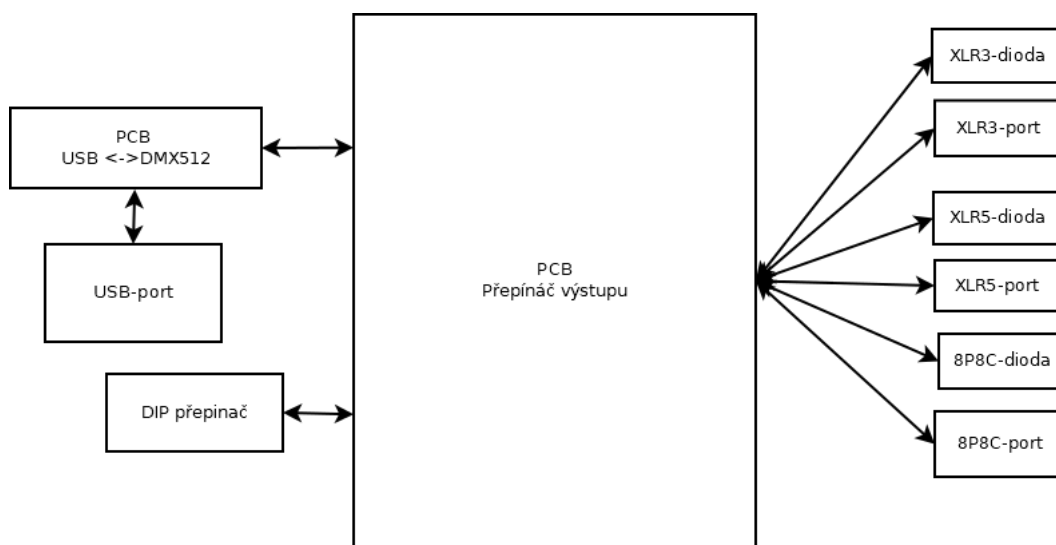
Webová aplikace je napsána pomocí v jazycích HTML, CSS a Javascript s použitím opensource knihovny Zepto.js a je navržena jako single page aplikace. Knihovna má dobrou kompatibilitu s další knihovnou JQuery, kterou lze použít jako náhradu v případě potřeby.

Aplikace na webové stránce je dostupná přes počítač, kde běží konzolová aplikace na adrese: <http://127.0.0.1:8080>, v případě přístupu z mobilu či tabletu je nutné použít správnou IP adresu počítače, kde běží konzolová aplikace. Port je přímo specifikován v kódu a je ho možné změnit podle potřeby.

Do aplikace je nutné se přihlásit pomocí uživatele "admin" a hesla "admin". Uživatel a heslo jsou přímo specifikováni v kódu a nejsou nijak důkladně chráněny. Po přihlášení do aplikace se zobrazí stránka s nejjednodušším ovládním světla (Ovládní všech kanálů na jednu statickou hodnotu). Pro zvolení jiného módu nastavení zařízení je nutné jej zvolit v nabídce webové aplikace.

4 Realizace zařízení

SW řešení používá několik HW součástí, které jsou umístěné v navrženém plastovém boxu. Pro převod USB \leftrightarrow RS485 byl zvolen komerčně dostupný převodník (viz kapitola 2.1). Vhodný přepínač výstupu komerčně dostupný nebyl, a proto jej bylo nutné navrhnut, nechat vyrobit desku a následně připájet součástky podle návrhu (viz příloha Kapitola C: Deska plošných spojů).



Obr. 4.1: Schéma komponent v boxu

4.1 Box pro zařízení

Box se skládá ze 4 dílů (viz Příloha B: Box). Spodní a horní díl boxu mají tvar "U" a jsou identické. Přední a zadní díl mají stejné rozměry, ale v předním díle boxu jsou otvory pro USB, DMX512 porty, led diody a DIP přepínač. Box je navržený pro výrobu s použitím 3D tiskárny.

Stěny boxu jsou úmyslně masivní (5 mm). Tato velikost byla zvolena, abychom dosáhli dobré odolnosti vůči fyzickému poškození. Jelikož jsou stěny masivní, tak je možné do nich vrtat a uchytit DPS pomocí distančních sloupků a to podle potřeby.

Spodní a horní díl obsahují 4 plastové sloupky, které jsou určeny k sešroubování boxu dohromady. Sloupky obsahují otvory, které jsou slepé (nevedou kompletně skrz materiál) a to proto abychom zachovali identický návrh spodního a horního dílu boxu. Esteticky hůře vypadající kus je zvolen jako spodní díl a sloupky jsou provrtány skrz, aby bylo možné box sešroubovat samořeznými vruty.



Obr. 4.2: Finální podoba boxu

4.2 Přepínač výstupu

DMX512 je možné použít s několika konektory, převodník však umožňuje pouze jeden výstup a je tedy mezi nimi nutno přepínat. Pro volbu aktivního konektoru byl zvolen DIP spínač, pomocí něj se vybírá jeden aktivní konektor a v případě, že je vybráno více než jeden konektor, tak dochází k deaktivaci všech výstupních konektorů. Aktivní výstup je signalizován pomocí LED diody nad konektorem.

Dekodér 74LS138 má na vstupu tři vodiče z DIP přepínače. Na výstupu nás zajímají pouze tři výstupy, které signalizují vybraný výstupní konektor. Dekodér má negované výstupy a to pro aktivní konektor, kde tedy vrací logickou 0. Negaci logické hodnoty lze provést pomocí NAND hradla. Po znegování hodnoty výstupu dekodéru lze připojit LED dioda pro signalizaci aktivního konektoru. Pro přepínání datových vodičů DMX512 je nutné mít řadu NAND hradel (viz příloha kapitola C: Deska plošných spojů).

Vstupy a výstupy je možné realizovat svorkami nebo kolíky, nebo případně připájet přímo vodiče pro připojení kabelu k dalším komponentům.

5 Výsledné rozhraní

Pro ovládání osvětlení byly vytvořeny dvě různá rozhraní. Jedno rozhraní je grafické a je vytvořeno jako webová aplikace a druhé je API, u kterého se neočekává použití běžným uživatelem, protože je vytvořeno, jako prostředník mezi HW a SW grafického rozhraní, případně jiné konzolové aplikace, či grafické aplikace.

5.1 Metody API

API je vytvořena primárně pro potřeby webové aplikace, avšak její použití není nijak dále omezeno. Zabezpečení API a přístup více uživatelů najednou byl řešen pouze okrajově, jelikož pro účely této bakalářské práce jsou nepodstatné.

5.1.1 Nastavení statické hodnoty na všechny kanály

URL: /api/SetAllChannelToValue

Method: POST

POST data format: {"token": string, "value": integer}

Success response: code 200, Content: {}

Error response: code 400

Metoda po zavolání provede změnu hodnoty všech kanálů na hodnotu specifikovanou v parametru "value", v případě že hodnota není z intervalu $\langle 0;255 \rangle$, tak je hodnota ignorována a vrátí chybu. Na základě tokenu se ověřuje, zda je uživatel přihlášen, pokud tomu tak není, tak program vrátí chybu.

5.1.2 Nastavení statické hodnoty na specifikovaný kanál

URL: /api/SetChannelToValue

Method: POST

POST data format: {"token": string, "channel": integer, "value": integer}

Success response: code 200, Content: {}

Error response: code 400

Metoda po zavolání provede změnu hodnoty specifikovaného kanálu v parametru "channel" na hodnotu specifikovanou v parametru "value", v případě, že hodnota není z intervalu $\langle 0;255 \rangle$ nebo kanál není z intervalu $\langle 1;512 \rangle$, tak je hodnota ignorována a ke změně nedojde. Na základě hodnoty tokenu se ověřuje, zda je uživatel přihlášen, pokud není, tak metoda vrátí chybu.

5.1.3 Nastavení dynamické hodnoty na všechny kanály

URL: /api/SetAllChannelToDynamicValue

Method: POST

POST data format: {"token": string, "min": integer, "max": integer, "speed": integer}

Success response: code 200, Content: {}

Error response: code 400

Metoda po zavolání nastaví funkci, která bude měnit hodnotu všech kanálů a to od hodnoty specifikované pomocí proměnné hodnoty "min" do hodnoty proměnné "max". Čas v sekundách, který je potřebný ke změně, je specifikován pomocí proměnné "speed". Hodnota "min" a "max" musí mít hodnotu z intervalu <0;255> a "speed" je libovolné kladné celé číslo. Pokud nejsou tyto podmínky splněny, tak metoda vrátí chybu. Prostřednictvím hodnoty tokenu je ověřováno, zda je uživatel přihlášen. V případě, že není, tak je vrácen chybový stav.

V případech, kdy je hodnota proměnné "speed" v rádech hodin, dnů či déle, tak bude docházet k rozsáhlým časovým intervalům, kdy se hodnota kanálu nebudě měnit.

5.1.4 Nastavení dynamické hodnoty na specifikovaný kanál

URL: /api/SetChannelToDynamicValue

Method: POST

POST data format: {"token": string, "channel": integer, "min": integer, "max": integer, "speed": integer}

Success response: code 200, Content: {}

Error response: code 400

Metoda po zavolání nastaví funkci, která bude měnit hodnotu specifikovaného kanálu pomocí "channel" od hodnoty specifikované pomocí "min" do hodnoty specifikované v "max". Potřebný čas ke změně, je udán v sekundách pomocí proměnné "speed". Hodnota "min" a "max" musí nabývat hodnoty z množiny <0;255> a proměnná hodnota "speed" je jakékoli přirozené číslo. Nesplnění těchto podmínek způsobuje vrácení chyby. Údaj tokenu slouží k ověření toho, zda je uživatel správně přihlášen, není-li, tak je vrácena chyba.

V případě, že hodnota proměnné "speed" je příliš velká (hodiny, dny, ...), tak bude docházet k dlouhým intervalům mezi změnami hodnoty kanálů.

5.1.5 Přihlášení

URL: /api/Login

Method: POST

POST data format: {"user": string, "pass": string}

Success response: code 200, Content: {"token": string}

Error response: code 400

API po zavolání provede ověření uživatele, ale také hesla. Pokud ověření proběhne úspěšně, tak vrátí token, který je následně využíván při volání dalších metod API. V případě selhání ověření uživatele dochází k vrácení chybového kódu.

5.1.6 Odhlášení

URL: /api/Logout

Method: POST

POST data format: {"user": string, "token": string}

Success response: code 200, Content: {}

Error response: code 400

Provede zneplatnění hodnoty tokenu pro daného uživatele, což vede k jeho odhlášení a zneprístupnění API. Pokud daný token není platný, tak je v odpovědi vrácen chybový kód.

5.2 Webserver

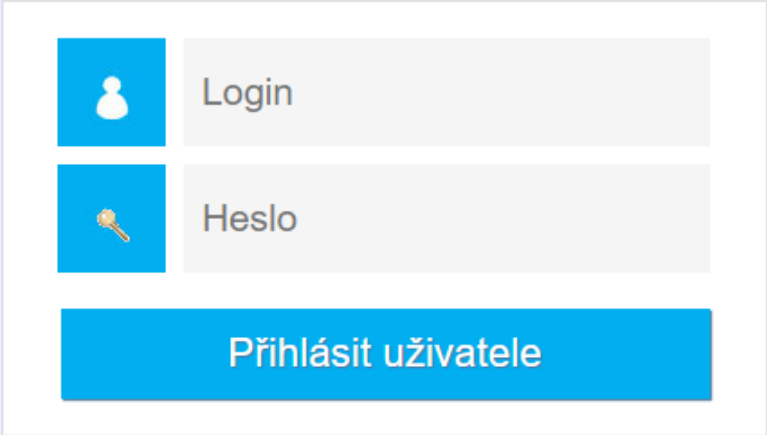
Webserver je speciální případ API, který poskytuje soubory potřebné pro správné fungování webové aplikace (HTML, CSS, JS a grafické podklady). Na rozdíl od API, která používá metodu POST, tak webový server používá pouze metodu GET. V případě použití externího webového serveru by bylo nutné, aby konzolová aplikace s API a webový server běžely pod jiným portem, jelikož v případě spuštění na stejném PC, by jinak došlo k problémům s Same-origin policy [5], což je řešitelný problém, ale komplexnější než přidání funkčnosti webserveru přímo do konzolové aplikace. API a webový server jsou dostupné přes protokol HTTP, kde šifrovaná varianta tohoto protokolu není podporována.

5.3 Webová aplikace

Do aplikace je možné přistupovat z libovolného zařízení, které má síťový přístup k zařízení, na kterém běží konzolová aplikace. Aplikace byla vyvíjena a testována s prohlížečem chrome 83.

Konzolová aplikace provádí aktualizaci stavu kanálu s frekvencí 44 Hz, proto je změna intenzity světla téměř okamžitá. Prodleva mezi změnou ve webové aplikaci a reálnou změnou intenzity světla se může projevit znatelným způsobem při nekvalitním připojení mezi webovou aplikací a konzolovou aplikací (např. přes WiFi se špatným signálem).

Pro získání přístupu do webové aplikace je nutné se přihlásit prostřednictvím loginu a hesla. Po přihlášení se zobrazí rozhraní pro ovládání světelné techniky. V pravém horním rohu je umístěno tlačítko pro odhlášení. Výběr režimu se provádí pomocí výběrového pole a odhlášení z webové aplikace se provádí tlačítkem odhlásit.

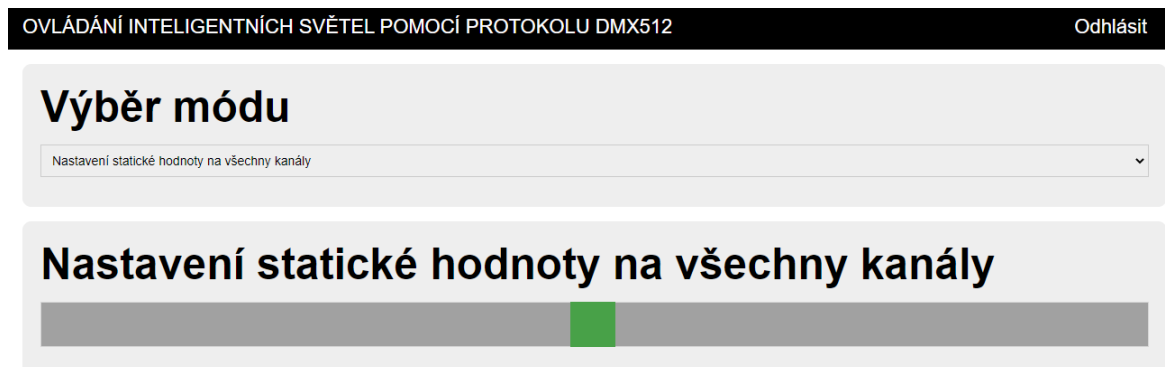


The image shows a login form with the following elements:

- A blue square icon with a white person silhouette, followed by a grey text input field labeled "Login".
- A blue square icon with a yellow key, followed by a grey text input field labeled "Heslo".
- A large blue button with white text "Přihlásit uživatele".

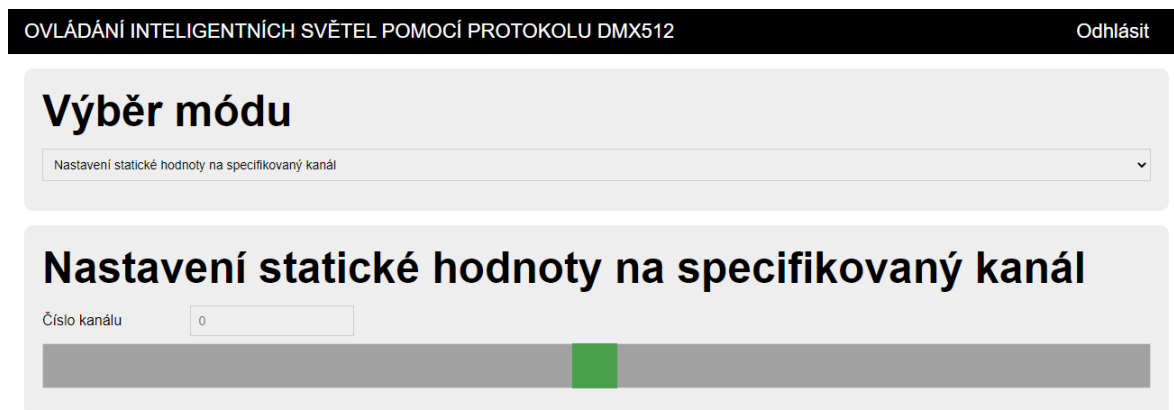
Obr. 5.1: Formulář pro přihlášení do aplikace

Úvodní mód je "Nastavení statické hodnoty na všechny kanály". Při změně pozice dojde ke změně hodnoty, která se skrze API zašle do konzolové aplikace, která pak posléze novou hodnotu začne posílat na připojená zařízení. Posuvník má minimum vlevo - hodnota 0 a maximum vpravo o hodnotě 255.



Obr. 5.2: Rozhraní pro ovládání všech kanálů najednou na statickou hodnotu

Mód ovládání jednoho kanálu na statickou hodnotu, je takový, kdy při změně pozice dojde ke změně hodnoty pouze jednoho specifikovaného kanálu. Tato změna se přenáší skrze API do konzolové aplikace, která pak posléze novou hodnotu začne posílat na připojená zařízení. Posuvník má minimum vlevo - hodnota 0 a maximum vpravo o hodnotě 255. Validní hodnota kanálu je tedy z intervalu $\langle 1;512 \rangle$



Obr. 5.3: Rozhraní pro ovládání jednoho kanálu na statickou hodnotu

Mód ovládání všech kanálů najednou na dynamickou hodnotu provádí postupnou změnu hodnot kanálů a to od hodnoty minimální až po hodnotu maximální. Doba potřebná ke změně hodnot kanálů je specifikována v sekundách. Korektní čas je omezen na přirozená čísla. Každá změna se přes API projevuje v konzolové aplikaci, která pak následně provádí aktualizaci stavu všech kanálů.

The screenshot shows a web interface for controlling intelligent lights via DMX512. At the top, there is a black header with the text "OVLÁDÁNÍ INTELIGENTNÍCH SVĚTEL POMOCÍ PROTOKOLU DMX512" on the left and "Odhlásit" on the right. Below the header is a section titled "Výběr módu" (Mode Selection) with a dropdown menu currently set to "Nastavení dynamické hodnoty na všechny kanály" (Dynamic value settings for all channels). The main section is titled "Nastavení dynamické hodnoty na všechny kanály" (Dynamic value settings for all channels). It contains two sliders: "Minimální hodnota" (Minimum value) with a green bar at the far left, and "Maximální hodnota" (Maximum value) with a green bar at the far right. Below the sliders is a text input field labeled "Rychlost změny[s]" (Change speed [s]) with the value "1".

Obr. 5.4: Rozhraní pro ovládání všech kanálů najednou na dynamickou hodnotu

Mód ovládání jednoho kanálu na dynamickou hodnotu je proveden postupnou změnou hodnoty jednoho kanálu a to od minimální hodnoty až po maximální hodnotu. Doba potřebná ke změně hodnoty kanálu je určena v sekundách. Akceptovatelná hodnota času je omezena na přirozená čísla. Každá změna se přes API propisuje do konzolové aplikace, která pak aktualizuje stav kanálu.

The screenshot shows the same web interface as in Figure 5.4, but for a specific channel. The "Výběr módu" dropdown is now set to "Nastavení dynamické hodnoty na specifikovaný kanál" (Dynamic value settings for specified channel). The main section is titled "Nastavení dynamické hodnoty na specifikovaný kanál" (Dynamic value settings for specified channel). It includes a text input field for "Číslo kanálu" (Channel number) with the value "15". Below this are two sliders: "Minimální hodnota" (Minimum value) with a green bar at approximately 25% of the range, and "Maximální hodnota" (Maximum value) with a green bar at approximately 75% of the range. At the bottom, the "Rychlost změny[s]" (Change speed [s]) input field has the value "5".

Obr. 5.5: Rozhraní pro ovládání jednoho kanálu na dynamickou hodnotu


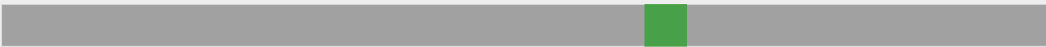


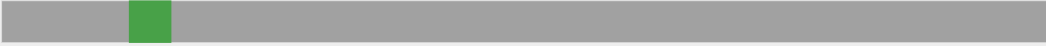
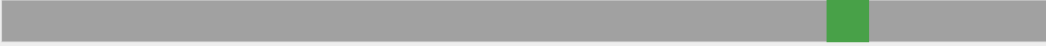
Mód DMX512 pult se snaží napodobit reálně využívané pulty pro osvětlovací techniku. Posuvníky jsou na sobě nezávislé a každý ovládá jeden specifikovaný kanál. U každého posuvníku pro změnu hodnoty kanálu je nutné nastavit číslo kanálu v intervalu <1;512>.

OVLÁDÁNÍ INTELIGENTNÍCH SVĚTEL POMOCÍ PROTOKOLU DMX512 Odhlásit

Výběr módu

DMX512 pult

DMX512 PULT

Číslo kanálu	<input type="text" value="4"/>	
Číslo kanálu	<input type="text" value="5"/>	
Číslo kanálu	<input type="text" value="6"/>	
Číslo kanálu	<input type="text" value="7"/>	
Číslo kanálu	<input type="text" value="8"/>	
Číslo kanálu	<input type="text" value="9"/>	

Obr. 5.6: Rozhraní pro DMX512 pult

Závěr

V rámci teoretické části byla provedena rešerše na téma fungování DMX512 protokolu a to od specifikace elektrické vrstvy, ale také kabelů a konektorů, které lze použít až po limity a metody zapojení zařízení používající tento protokol. Dále popisuje testovací prostředí, převodník USB na RS485, dekodér pro DMX512, zařízení osvětlovací techniky, terminátor a logický analyzátor.

V praktické části je popsáno SW řešení pro grafické rozhraní webové aplikace. Po HW stránce je také zmíněn návrh plastového boxu, který byl vyroben prostřednictvím 3D tiskárny. Do boxu byl umístěn zakoupený převodník USB \leftrightarrow RS485, který je připojený k desce selectoru výstupu, který byl navržen, vyroben a následně byly připájeny součástky podle navrženého schématu.

V rámci bakalářské práce byla vytvořena grafická aplikace pro ovládání zařízení pomocí DMX512 protokolu, který umožňuje ovládání intenzity vyzařovaného světla na všech kanálech. Funkčnost byla ověřena pomocí logického analyzátoru a poté na reálném HW. Dále bylo ověřeno, že webová aplikace je funkční na desktopovém počítači, ale i mobilních zařízeních, která mají síťový přístup k počítači na kterém běží tato konzolová aplikace.

Jelikož na trhu jsou aktuálně dostupné primárně mechanické ovládací panely osvětlovací techniky, tak bakalářská práce má potenciál posloužit jako důkaz funkčnosti trhem neproověřeného konceptu ovládání světelných zařízení. Praktické použití aplikace by mohlo být zprostředkováno zabudováním Raspberry Pi (či jiný arm SOC) do boxu, což by umožnilo použít USB pouze pro napájení bez nutnosti připojovat těžko přenosné PC. Případně by bylo možné přímo zabudovat 5 V zdroj a umožnit, tak napájení z elektrické sítě (případně by bylo možné zabudovat baterii). Pro všechny zmíněné modifikace je v mnou navrženém boxu dostatek místa.

Literatura

- [1] United States Institute for Theatre Technology: *DMX512 FAQ* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: <https://web.archive.org/web/20111020092102/http://www.usitt.org/Resources/Standards2/DMX512/DMX512FAQ>.
- [2] Kosta: *Anatomie DMX512* [online]. [cit. 09. 05. 202]. Dostupné z URL: <http://mcu.cz/news.php?extend.81.15>.
- [3] funkathustra: *Anatomie DMX512* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: https://www.silabs.com/community/mcu/8-bit/forum.topic.html/detecting_a_uartfra-qvSY.
- [4] Peternewman: *DMX512-A* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: <https://opendmx.net/index.php/DMX512-A>.
- [5] Internet Engineering Task Force (IETF): *The Web Origin Concept* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc6454>.
- [6] modulefans: *Industrial USB To RS485 Converter Upgrade Protection RS485 Converter NEW* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: <https://i.ebayimg.com/images/g/B1kAA0SwhElbI5Xs/s-164.jpg>.
- [7] andnov73: *USB Logic SCM 24MHz 8 Channel 24M/seconds Analyzer Debugger for ARM FPGA 24M 8CH* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: <https://i.ebayimg.com/images/g/7~sAA0SwiB9djjj1/s-1400.jpg>.
- [8] Ujjal Kar: *DMX512 Packet* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: http://www.dmx512-online.com/dmx512_packet.html.
- [9] Jaeseung Ha: *CROW* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: <https://github.com/ipkn/crow>.
- [10] Thomas Fuchs: *Zepto.js* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: <https://zeptojs.com/zepto.min.js>.
- [11] Ing. Jaroslav Nušl: *Protokol DMX512* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: <http://www.soh.cz/podpora/teorie>.

- [12] United States Institute for Theatre Technology: *American National Standard E1.11 - 2004 Entertainment Technology USITT DMX512-A Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessoried* [online]. [cit. 09. 05. 202]. Dostupné z URL: <https://tsp.esta.org/tsp/documents/docs/E1-11.pdf>.
- [13] Lumenetix: *DMX512-A PROTOCOL* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: <https://alphabetlighting.com/download/a/-Lumenetix%20Instruction%20Manual/DMX512-A-Protocol-Specifications.pdf>.
- [14] Pro-Light-News: *Soundlight DMX512 PCI interface card shipping* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: <https://pro-light-news.com/html/studio/e20323so.htm>.
- [15] Guangzhou Sunway Entertainment Equipment Co., Ltd.: *Digital Display 3W*72W LED Par Can Lights DMX512 Single Color Wash Stage Light* [online]. [cit. 15. 05. 2020]. Dostupné z URL: http://www.stagemovingheadlight.com/photo/pl18477878-digital_display_3w_72w_led_par_can_lights_dmx512_single_color_wash_stage_light.jpg.
- [16] Antratek Electronics: *LED RGB STRIP - ADDRESSABLE, 1M (APA102)* [online]. [cit. 15. 05. 2020]. Dostupné z URL: <https://cdn.antratek.nl/media/product/3a8/led-rgb-strip-addressable-1m-apa102-com-14015-5a6.jpg>.
- [17] David Aleksandersen: *HOW TO UNDERSTAND DMX AND AVOID POTENTIAL PITFALLS* [online]. [cit. 15. 05. 2020]. Dostupné z URL: <https://newsandviews.dataton.com/how-to-understand-dmx-and-avoid-potential-pitfalls>.
- [18] VELLEMAN: *Dmx controller for LED strips LEDC09 4 channels* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.769-435.1.pdf>.
- [19] Worldsemi: *WS2812B Intelligent control LED integrated light source* [online]. [cit. 09. 05. 2020]. Dostupné z URL: https://www.postavrobota.cz/fotky46704/fotov/_ps_148WS2812B.pdf.

Seznam symbolů, veličin a zkratek

DMX	Digital multiplex
SW	Software
HW	Hardware
URL	Uniform resource locator (jednotná adresa zdroje)
API	Application program interface (aplikační rozhraní programu)
REST	Representational state transfer (reprezentativní přenos stávu)
USITT	United States Institute for Theatre Technology (Americký institut pro divadelní technologii)
PC	Personal computer (osobní počítač)
HTML	Hypertext markup language (hypertextový značkovací jazyk)
CSS	Cascading style sheets (Kaskádové styly)
JS	JavaScript
AJAX	Asynchronous JavaScript and XML (Asynchronní JavaScript a XML)
PSU	Power supply unit (napájecí jednotka)
USB	Universal serial bus (univerzální seriová sběrnice)
MTBF	Mark time between frames
MTBP	Mark time between packet
IDE	Integrated development environment (integrované vývojové prostředí)
ARM	Advanced RISC Machine (pokročilé RISC zařízení)
RISC	Reduced instruction set computer (procesor s redukovanou instrukční sadou)
SOC	System on a chip (systém na čipu)
DPS	Deska plošných spojů
DIP	Dual in-line package
LED	Light-emitting diode (elektroluminiscenční dioda)
IP	Internet Protocol (internetový protokol)
HTTP	Hypertext Transfer Protocol (protocol přenosu hypertextů)
XML	Extensible Markup Language (rozšiřitelný značkovací jazyk)
FAQ	Frequently asked question (často kladené dotazy)
CAD	Computer-aided design (počítačem podporované kreslení)
CRC	Cyclic redundancy check (cyklický redundantní součet)
DC	direct current (stejnoseměrný proud)

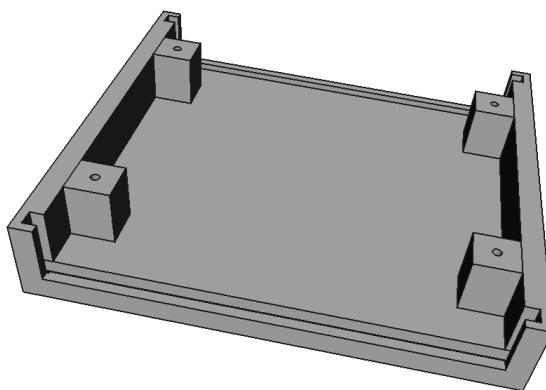
Seznam příloh

A	Obsah zip	37
B	Box	38
C	Deska plošných spojů	42

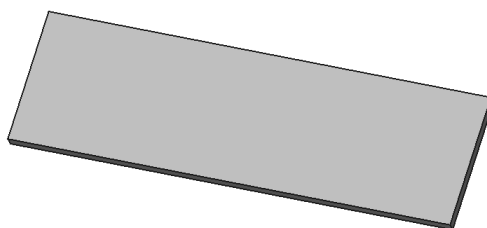
A Obsah zip

Odevzdaný zip soubor obsahuje pdf s vypracovanou bakalářskou prací, zdrojový kód, návrh desky plošných spojů a 3D model plastového boxu. Zdrojový kód byl napsán ve Visual Studio, je ho však možné přeložit i v jiných IDE. Zdrojový kód pro komunikaci přes sériový port je napsán pomocí WINAPI, proto ho nebude tedy možné přeložit pod Linuxem. Návrh desky byl vytvořen v Eaglu a 3D model boxu byl vytvořen v programu FreeCAD.

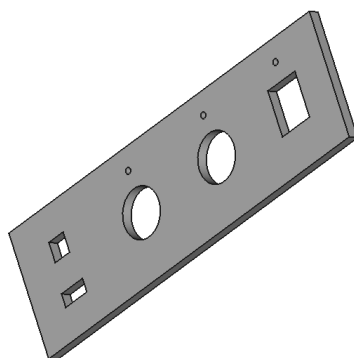
B Box



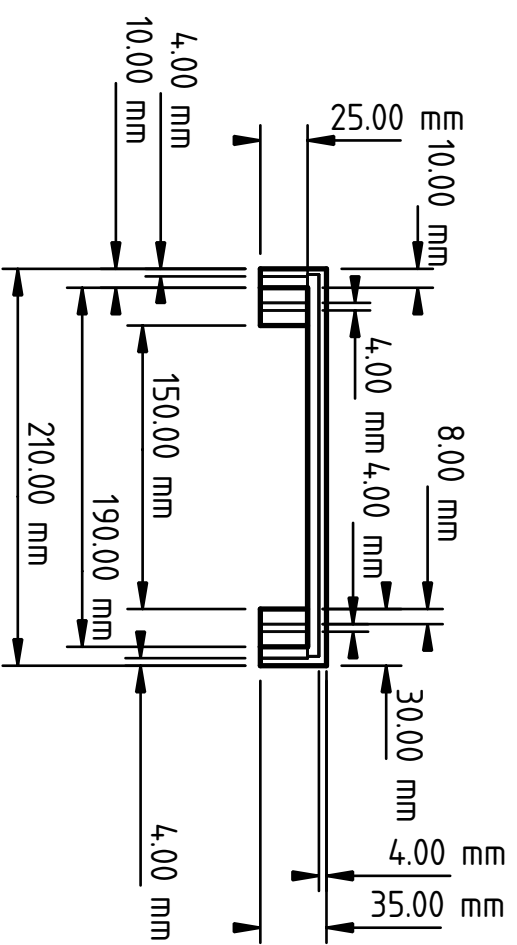
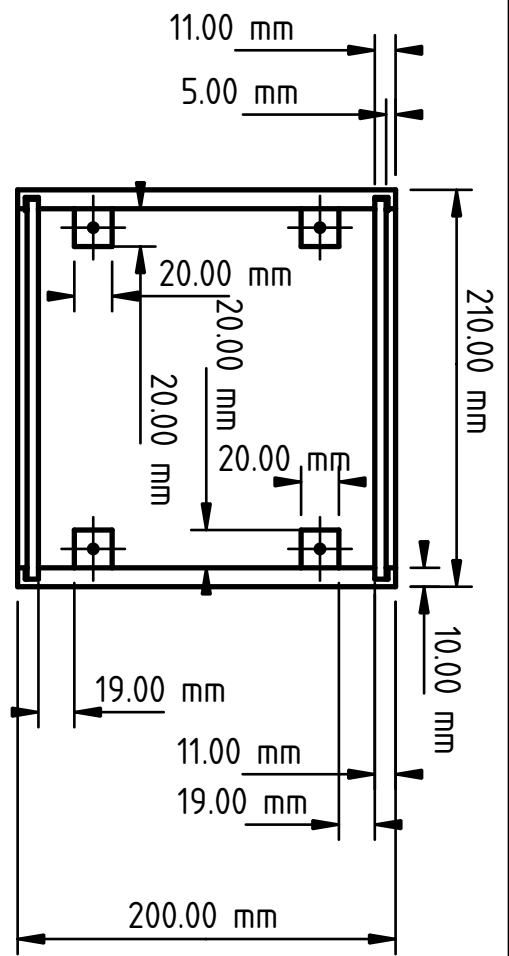
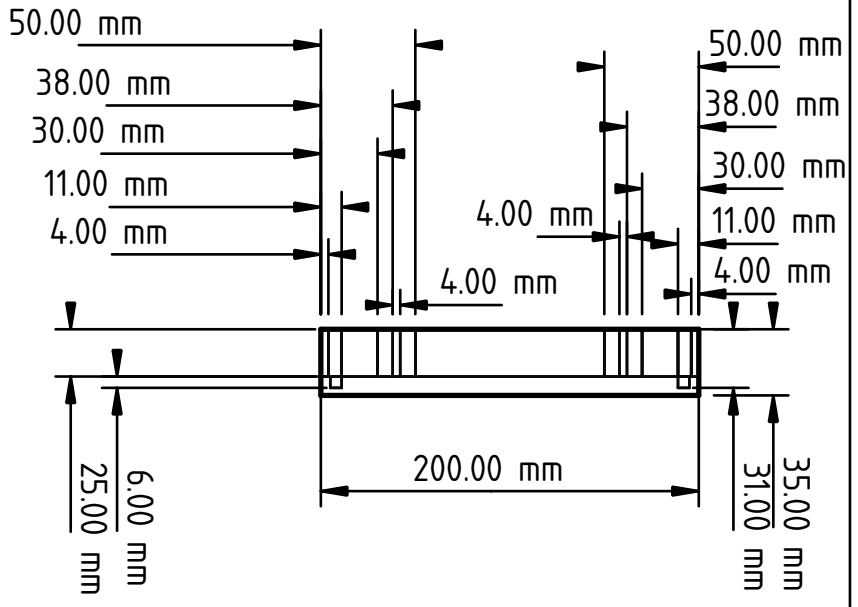
Obr. B.1: Spodní a horní díl boxu



Obr. B.2: Zadní díl boxu



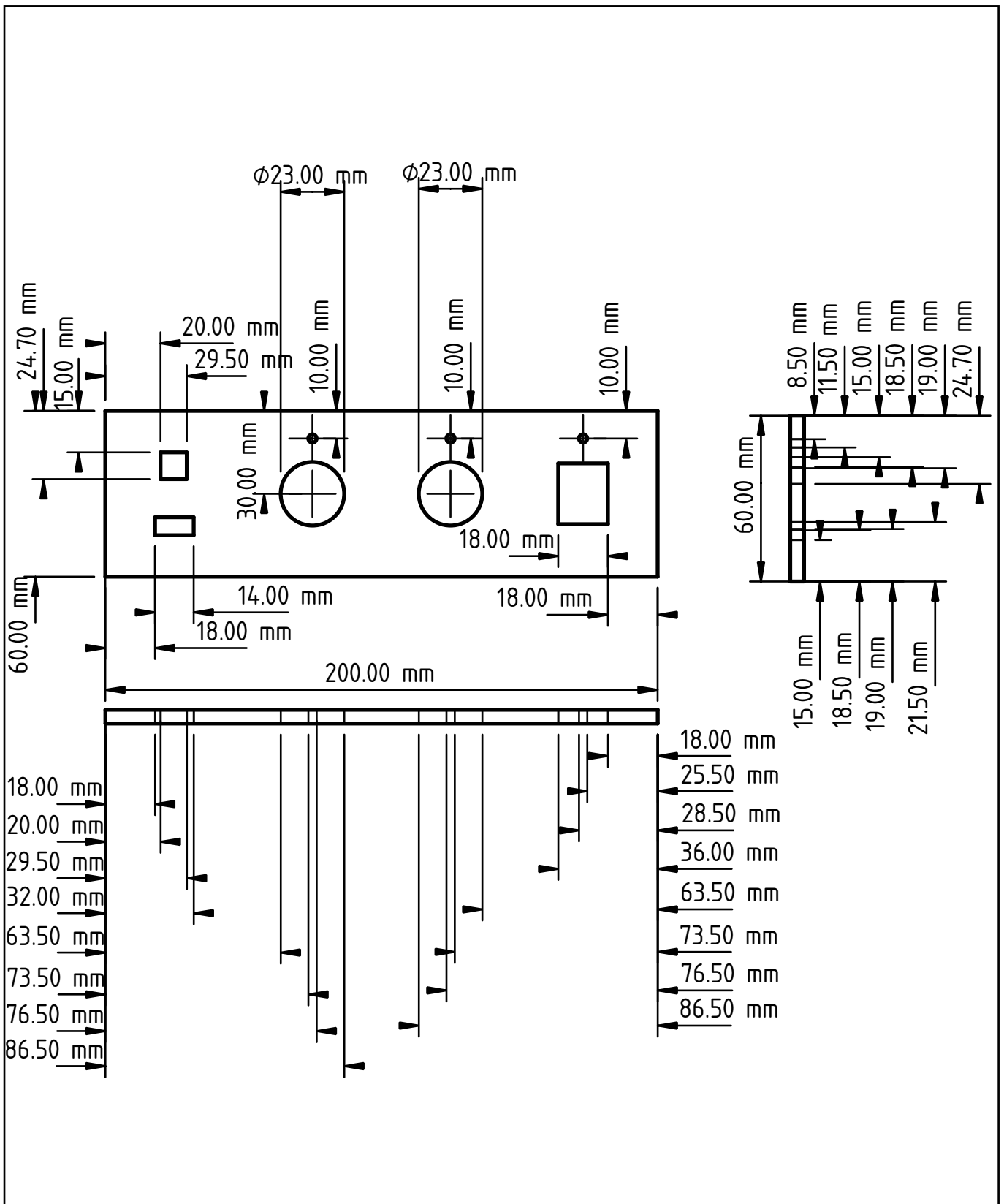
Obr. B.3: Přední díl boxu



Created by: Stanislav Fučík	Title: Krabice – spodni/horni dil	Size: A4	Sheet: 1/1	Scale: 1:4
Supplementary information:		Part number: 1	Drawing no.:	



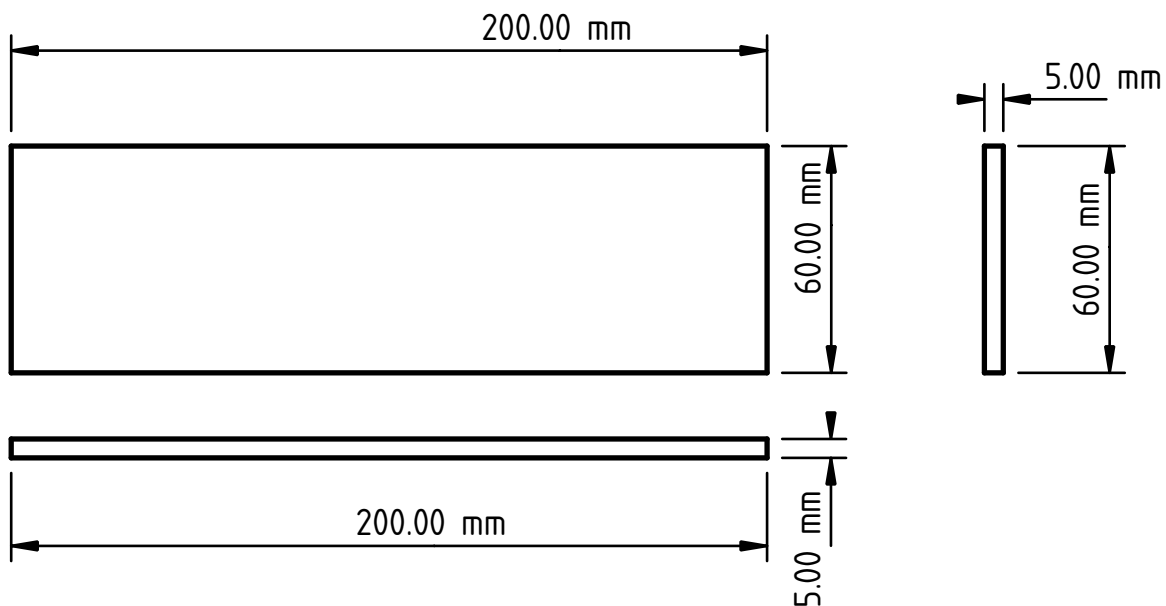
Date: 2020/05/08	Revision: REV F
----------------------------	---------------------------



Created by: Stanislav Fucik	Title: Krabice - predni dil
---------------------------------------	---------------------------------------

Supplementary information:	Size: A4	Sheet: 1/1	Scale: 1:2
	Part number: 1		
	Drawing number: 1		
	Date: 2020/05/08		Revision: REV C





Created by:
Stanislav Fučík

Title:
Krabice - Zadni dil

Supplementary information:

Size:
A4

Sheet:
1/1

Scale:
1:2

Part number:
1

Drawing number:
1



Date:
2020/05/08

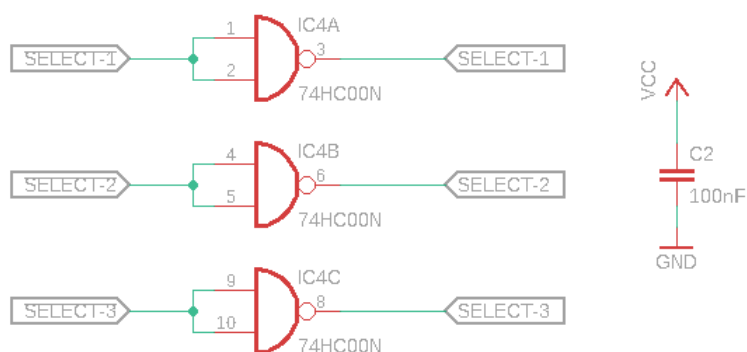
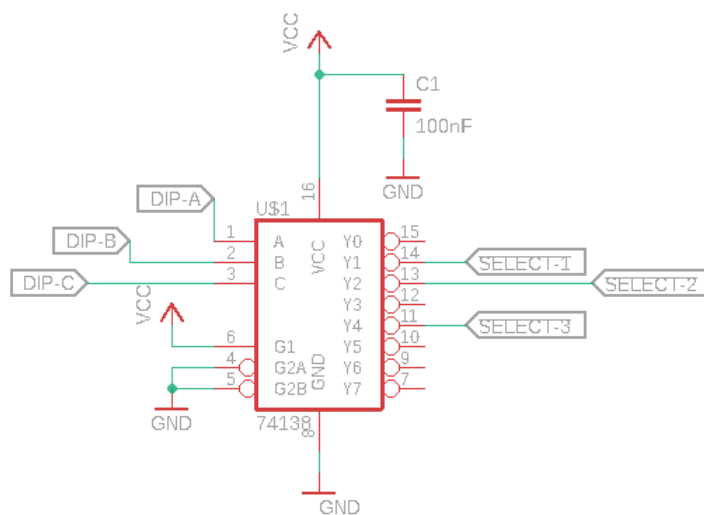
Revision:
REV b

C Deska plošných spojů

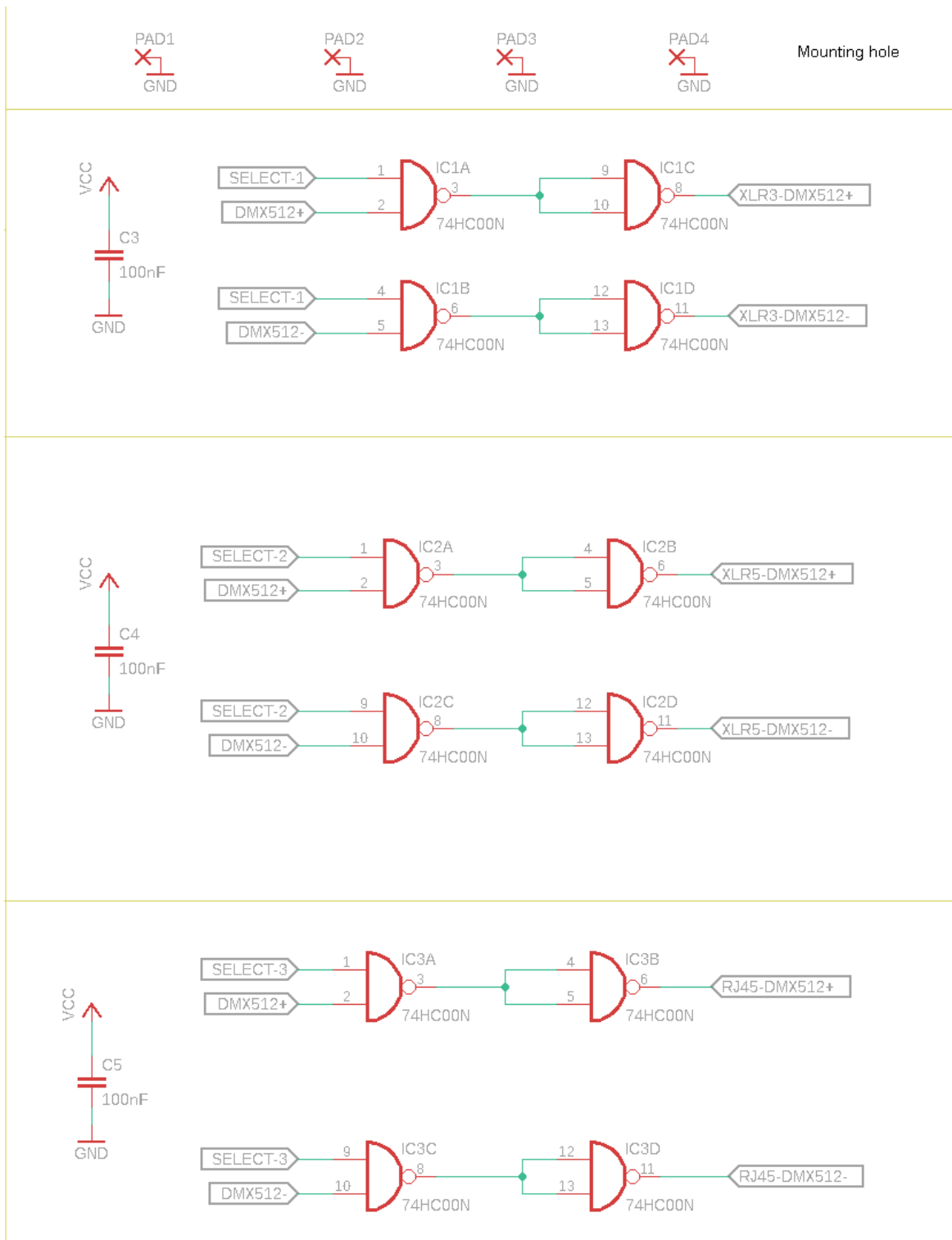
Power and signal input (5V)



DIP switch connectors

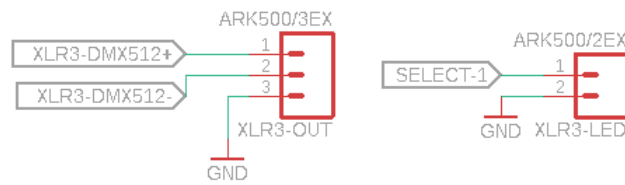


Obr. C.1: Schéma obvodu pro přepínání výstupu - část 1

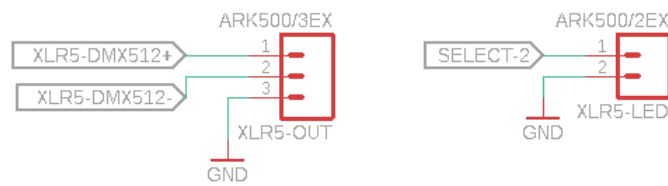


Obr. C.2: Schéma obvodu pro přepínání výstupu - část 2

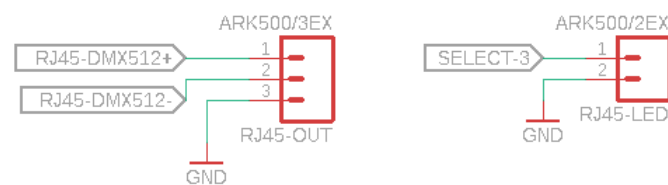
Connectors for LED diode and XLR3 connector



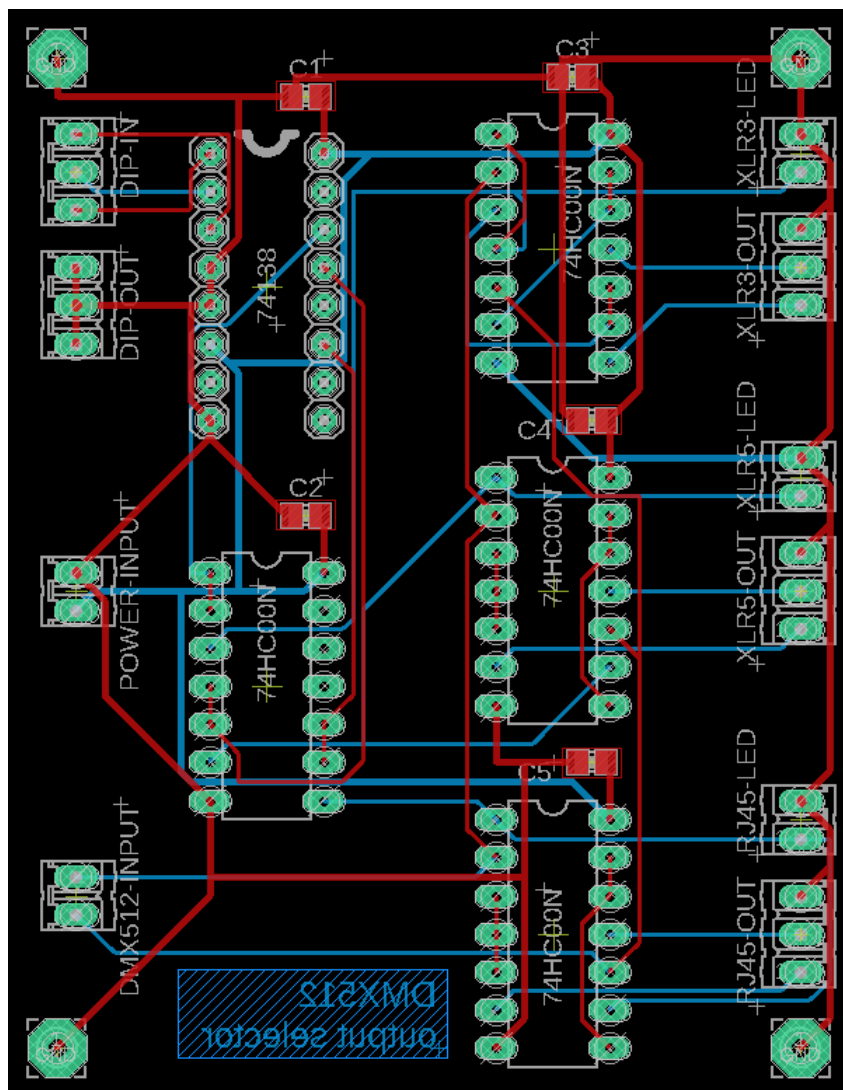
Connectors for LED diode and XLR5 connector



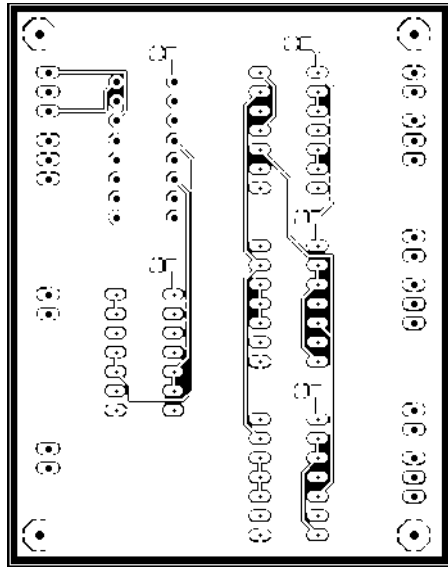
Connectors for LED and RJ45 connector



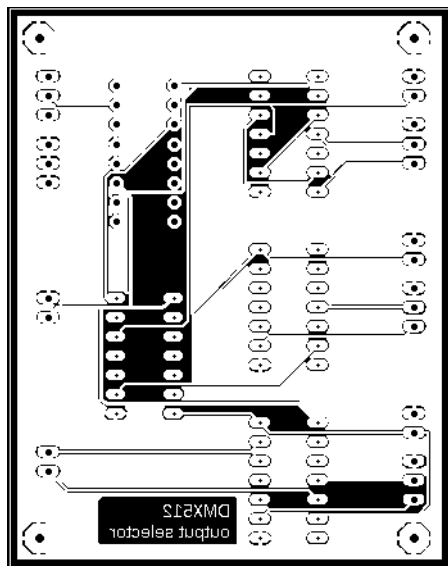
Obr. C.3: Schéma obvodu pro přepínání výstupu - část 3



Obr. C.4: Návrh desky bez vylití pro země



Obr. C.5: Horní vrstva desky plošných spojů



Obr. C.6: Horní vrstva desky plošných spojů