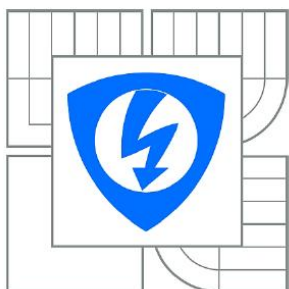


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

LASEROVÝ ZOBRAZOVAČ PRO REKLAMU

LASER PROJECTOR FOR ADVERTISEMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

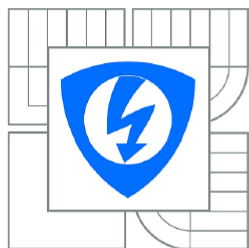
JAKUB KRIST

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL PAVLÍK, Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav mikroelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Mikroelektronika a technologie

Student: Jakub Krist
Ročník: 3

ID: 125504
Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

Laserový zobrazovač pro reklamu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte a realizujte zařízení pro řízení laserového zobrazovače využitelného k reklamním účelům. Laserovým paprskem bude možné vypisovat zvolený text i zobrazovat grafiku s definovaným rozlišením.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 31.5.2012

Vedoucí práce: Ing. Michal Pavlík, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

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

Abstrakt

Náplní této práce je navrhnout zařízení schopné pomocí jednoho laserového zdroje promítat naprogramovaný obraz či text. Úvod do problematiky je nastíněn souhrnem základních principů promítání obrazu v laserových zobrazovačích. Samotná práce pak popisuje návrh laserového projektoru, který je pomocí mikrokontroléru AT MEGA48 spolu s pomocnou elektronikou a rotujícím prstencem schopen vykreslit plochu systémem bitmapové grafiky.

Klíčová slova

Laserový projektor, laser, vychylování paprsku, osmistěn, zrcadlo, optická brána.

Abstract

The scope of this work is to design equipment capable of using a single laser source project programmed image or text. Introduction is a summary outlining the basic principles of image projection in laser imaging. This thesis describes the design of a laser projector that is using microcontroller AT MEGA16 together with auxiliary electronics and rotating ring, able to draw the desktop system bitmap graphics.

Keywords

The laser projector, laser, beam deflection, octahedron, mirror, optical gate.

Bibliografická citace

KRIST, J. *Laserový zobrazovač pro reklamu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Michal Pavlík, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svůj semestrální projekt na téma Laserový zobrazovač pro reklamu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální 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 semestrální práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu 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 31.5. 2012

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu semestrálního projektu Ing. Michalu Pavlíku, Ph.D. za odbornou konzultaci a za pomoc při programování popisovaného zařízení. Dále děkuji spolupracující firmě E.E.O. Kyjov za obrobení součástky popisovaného zařízení.

Obsah

Úvod.....	7
1 Reklamní poutače v praxi.....	8
1.1 Nejpoužívanější systém vychylování paprsku.....	8
1.2 Systémy pro míchání barev laserů.....	9
2 Návrh laserového projektoru.....	10
2.1 Princip funkce zařízení.....	10
3 Popis částí zařízení.....	11
3.1 Laserová dioda.....	11
3.1.1 Napájení laserové diody.....	12
3.1.2 Návrh chladiče pro laserovou diodu.....	13
3.2 Systém vychylování laserového paprsku.....	14
3.2.1 Mechanická základna.....	17
3.2.2 Řídící jednotka otáček osmistěnu.....	19
3.2.3 Optické brány.....	20
3.3 Deska plošného spoje napájení bran, laseru a PŠM regulace.....	22
4 Řídící jednotka zařízení.....	23
4.1 Paměť EEPROM.....	23
4.2 Sériový řadič FT232RL.....	24
4.3 Hlavní deska mikrokontroléru a jeho komponentů.....	25
5 Program řízení vykreslování.....	26
5.1 Systém ukládání obrázků na EEPROM.....	28
6 Kompletace zařízení.....	30
7 Závěr.....	32
8 Použitá literatura.....	33
Seznam příloh.....	34

Seznam obrázků

Obrázek 1: a) Vychylování systémem galvanometrů, b) Vzniklé obrazce[1]	8
Obrázek 2: Použití aktuátorů s dichroickými filtry[3]	9
Obrázek 3: Využití dichroických zrcadel pro sérii laserových zdrojů[3]	9
Obrázek 4: Princip funkce vykreslování	10
Obrázek 5: Vnitřní schéma laserové diody [7].....	11
Obrázek 6: Schéma zapojení laserové diody.....	12
Obrázek 7: Model osmistěnu vytvořený v programu SolidWorks.....	14
Obrázek 8: A) Rozložení optických bran B) 3D pohled ze spodní části.....	15
Obrázek 9: Osoustružený osmistěn	15
Obrázek 10: Osazení zrcadel.....	16
Obrázek 11: Kompletně osazený karusel	16
Obrázek 12: Model základny spolu s osmistěnem	17
Obrázek 13: Osoustružená základna	18
Obrázek 14: Základna osazená osmistěnem s zrcadly	18
Obrázek 15: Schéma zapojení PŠM [8]	19
Obrázek 16: Graf PŠM regulace [9].....	19
Obrázek 17: Schéma zapojení optických bran[10]	20
Obrázek 18: A) náhled posunutí bran B) konečný návrh promítací hlavy.....	21
Obrázek 19: Konečný vzhled promítací hlavy	21
Obrázek 20: Hlavní deska plošného spoje	22
Obrázek 21: Zapojení mikrokontroléru	23
Obrázek 22: Zapojení EEPROM[11]	24
Obrázek 23: Zapojení řadiče FT232RL	24
Obrázek 24: Deska mikrokontroléru	25
Obrázek 25: Vývojový diagram funkce vykreslení jednotlivých řádků	26
Obrázek 26: Graf cyklu vykreslení jednoho obrazce	27
Obrázek 27: Princip ukládání dat na EEPROM	28
Obrázek 28: Rozložení periférií na montážní desce.....	30
Obrázek 29: Ovládací prvky na zadní straně krytu	31
Obrázek 30: Hotové zařízení.....	31

Úvod

Užití světelné reklamy je stále více oblíbenější záležitostí a díky tomu se oblast vývoje reklamních systémů rychle rozvíjí. Tato práce se zaměřuje na méně rozvinutou oblast propagace, a to konkrétně na promítání obrazu pomocí laserového paprsku.

V praxi většina laserových zobrazovačů využívá pro vykreslování obrazu vektorovou grafiku. Tato práce popisuje návrh laserového zobrazovače vykreslujícího obraz pomocí rastrovací techniky bod po bodu. Cílem je sestrojít plně funkční zařízení schopné jednobarevně zobrazovat naprogramovaný obraz či text na promítací plochu.

1 Reklamní poutače v praxi

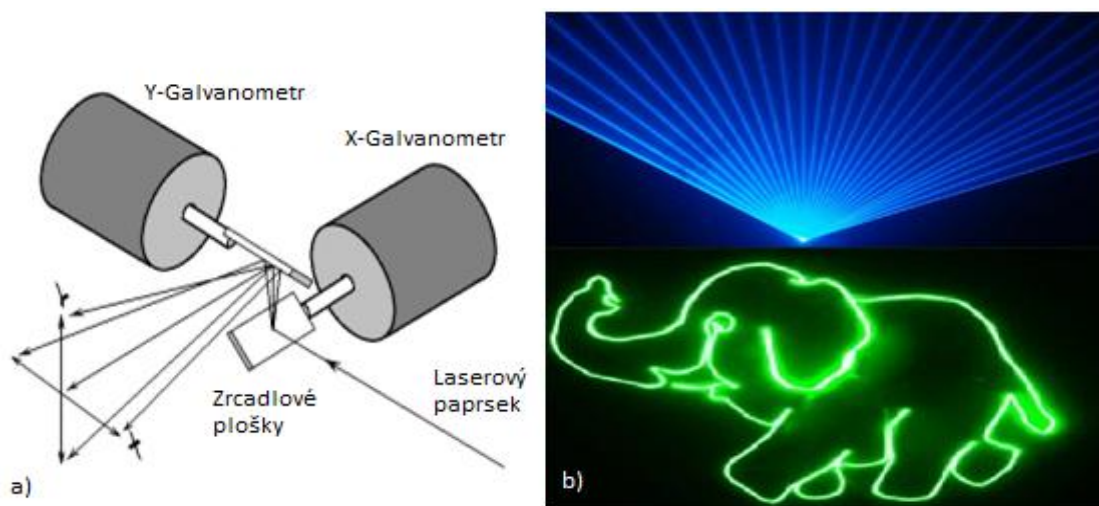
Současná doba vyžaduje pro uplatnění na trhu stále efektivnější systémy propagace pro zviditelnění firmy. Vývojem laserových zdrojů dochází k uplatnění těchto zařízení i v jiných oblastech a stále častěji jsou využívány právě jako zdroje světla v projekčních zařízeních. Laserová projekce se využívá například k projekci reklamy na výškové budovy nebo vodní hladinu, kde projekci nevadí členitost projekční plochy, jelikož si laserový paprsek zachovává svou kolimační vlastnost a tím je zaručen ostrý obraz i na nerovných plochách. [1]

V minulosti byl pro laserovou techniku používán červený He-Ne laser, poté přišly bílé směsi "laserových" plynů, které mohly generovat několik barev současně. Plynový laser má velmi nízkou efektivitu a je obtížné ho použít. Nové, kompaktní, s vysokou účinností a snadno použitelné jsou lasery s pevnou fází, jako například polovodičové. Nejpoužívanější barva laseru s pevnou fází je aktuálně červená a zelená a stále častěji se vyskytují zdroje modré barvy.[1]

1.1 Nejpoužívanější systém vychylování paprsku

Optický scanner se skládá ze dvou galvanometrů s uzavřenou zpětnou vazbou, které obsahují na osách zrcátka s vysokou odrazivostí. Osy zrcátek jsou na sebe navzájem kolmé a jejich natáčením dochází k vychylování laserového paprsku dopadajícího na plochy zrcadel.

Výhoda použití galvanometrů je v jejich reakční době, která se pohybuje řádově v desítkách mikrosekund. Rychlost reakční doby je závislá na velikosti úhlu naklonění zrcadel.[1]



Obrázek 1: a) Vychylování systémem galvanometrů, b) Vzniklé obrazce[1]

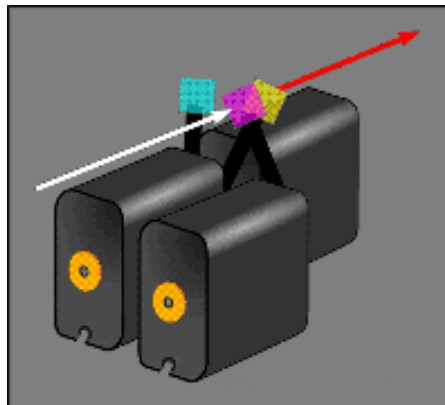
Díky velmi rychlému vychylování laserového paprsku je vytvářený obrazec vlivem nedokonalosti lidského oka a jeho paměťového efektu viděn jako celistvý.

1.2 Systémy pro míchání barev laserů

V praxi se používá standardně dvou systémů míchání barev, a to vybíráním vlnové délky pomocí dichroických filtrů nebo postupným rozsvěcováním série laserových zdrojů.

➤ Míchání barev pomocí dichroických filtrů

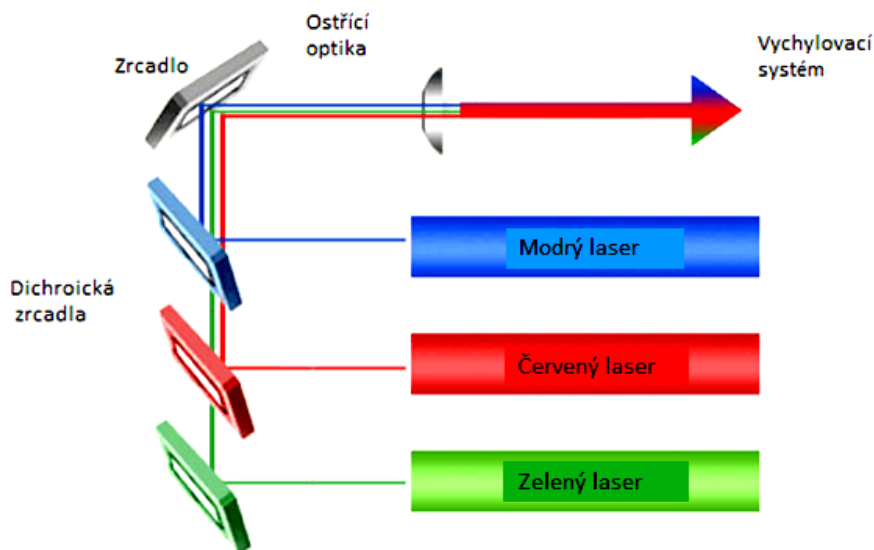
Jedná se o subtraktivní metodu, která pro změnu barvy používá speciální dichroických filtrů. Dichroické filtry jsou velmi přesné barevné filtry, které se používají pro selektivní průchod určité vlnové délky světla a zároveň odrážení ostatních barev. V projektoru jsou umístěny na ramena speciálních rychlých servomotorů. Používají se filtry propouštějící barvy azurovou, purpurovou a žlutou barvu. Kombinací těchto barev vzniká výsledný paprsek [2].



Obrázek 2: Použití aktuátorů s dichroickými filtry[3]

➤ Míchání barev pomocí série laserových zdrojů

Jako další systém se využívá spojení několika laserových zdrojů. Tento princip využívá opět vlastnosti dichroických zrcadel pro míchání různých barev. Dichroická zrcadla propustí jen světlo s určitou vlnovou délkou. Pod úhlem 45° světlo s danou vlnovou délkou propustí a jinou odrazí [2].



Obrázek 3: Využití dichroických zrcadel pro sérii laserových zdrojů[3]

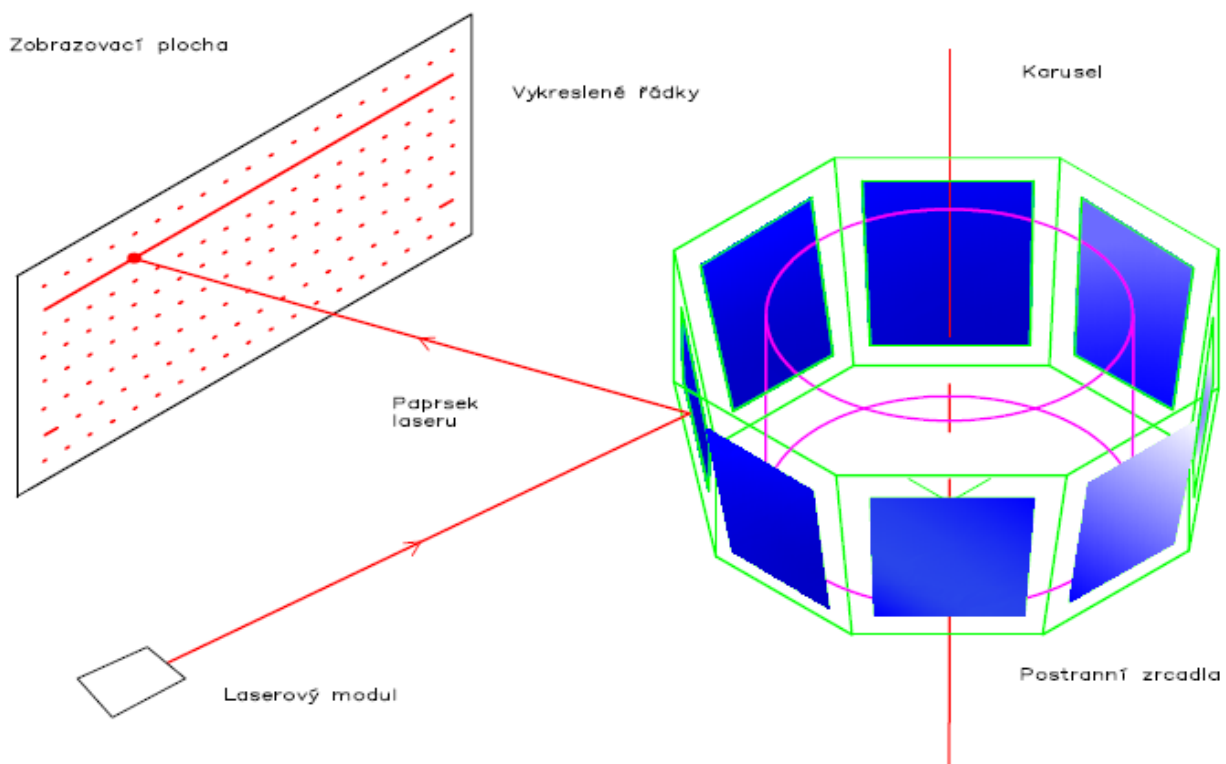
2 Návrh laserového projektoru

Systémy vykreslování obrazu v praxi využívají pro svou funkci ve většině případů hardware pracující na principu vektorové grafiky. Pro tuto práci bylo zvoleno vykreslování plochy pomocí bitmapové grafiky a z toho důvodu bylo nutné zvolit jiný systém vykreslování.

Inspirací pro tuto práci bylo prostudování funkce zařízení vytvářející kmitáním vertikálně umístěných diod virtuální plovoucí text. Rotující rameno s diodami nahradila soustava rotujících zrcadel a jeden laserový zdroj. Dohromady tvoří horizontálně vertikální vykreslovací systém promítající text na podložku.

2.1 Princip funkce zařízení

Princip zařízení je založen na rotujícím osmistěnu nesoucím po svých stranách zrcadlo, která jsou vůči sobě úhlově pootočená. Každé zrcadlo představuje jeden řádek. Při rotaci a spínání laserového paprsku v přesně definovaný okamžik vytvoří na promítací plochu osm pod sebou řazených úseček, které představují řádky. Každý řádek se vykresluje po dobu určitého časového intervalu. Pokud v tomto intervalu dochází ke spínání laserového paprsku, dochází vlivem paměťového efektu lidského oka k vytváření přerušovaných řádků. Vykreslením všech řádků s dostatečnou frekvencí dochází ke složení požadovaného obrazu. Jako zdroj světla je použito laserového modulu.



Obrázek 4: Princip funkce vykreslování

3 Popis částí zařízení

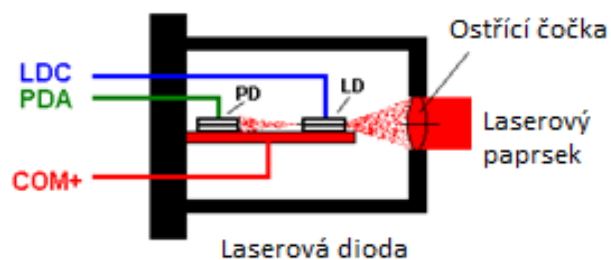
Celé zařízení by se dalo rozdělit samostatně do tří jednotlivých bloků, a to na laserovou jednotku, zobrazovací ústrojí a řídicí elektroniku integrující mikrokontrolér. Jednotlivé bloky jsou umístěny do plastového krytu s ovládacími prvky.

3.1 Laserová dioda

Pro tento projekt byla vybrána polovodičová laserová dioda generující koherentní záření o vlnové délce 650 nm, což odpovídá světlu červené barvy. Použita dioda, která se standardně používá v DVD mechanikách. Tomu odpovídá její svítivý výkon cca 100 mW při napájecím napětí 2,4-3 V [4], [5].

Protože se laserová dioda při provozu značně zahřívá, je na pouzdře s optikou umístěn chladič. Zvýšení teploty laserové diody totiž vede k menšímu uplatnění stimulované emise, posunu prahového proudu a ke změně parametrů součástky. Dostatečné chlazení je tedy velice důležité nejen pro její správnou funkci, ale také pro zabránění možné destrukce součástky [4] [6].

Nejběžnější laserové hlavy (laser Head) v sobě mají integrovány dvojí polovodiče, LD- laserovou diodu a PD- fotodiodu, které jsou spolu umístěny v optickém modulu. Laserová hlava má 3 piny označené jako LDC – záporný pól laserové diody, PDA – anoda fotodiody a COM+ běžný kladný pól [7].



Obrázek 5: Vnitřní schéma laserové diody [7]

Jelikož část světla z laserové diody dopadá na fotodiodu, je možno pomocí intenzity dopadeného světla řídit svit laserové diody (tzv. zpětnovazební článek) [7].

3.1.1 Napájení laserové diody

Protože má laserová dioda téměř nulový diferenciální odpor, nesmí být zapojena do obvodu bez omezení proudu. Pro tento případ bylo nutné volit vhodné zapojení stabilizace. Řešení napájení diody pomocí stabilizátoru se jevilo jako nevhodné, jelikož vlivem vysoké spínací frekvence docházelo k rušení stabilizátoru a tím celkově ke špatné funkci napájecího obvodu. Nejlepší výsledky byly dosaženy použitím jednoduchého zapojení pouze s předřadným odporem pro omezení proudu.

Použitá dioda je konstruována na napětí v rozmezí 2,4-3,3V, proud pro diodu byl zvolen 200 mA a napájecí napětí 12 V. Velikost předřadného odporu byla spočtena podle Ohmova zákona (1)

$$R_1 = \frac{U_n - U_d}{I_D} = \frac{12 - 3}{0,2} = 45 \Omega, \quad (1)$$

R_1Velikost použitého odporu,

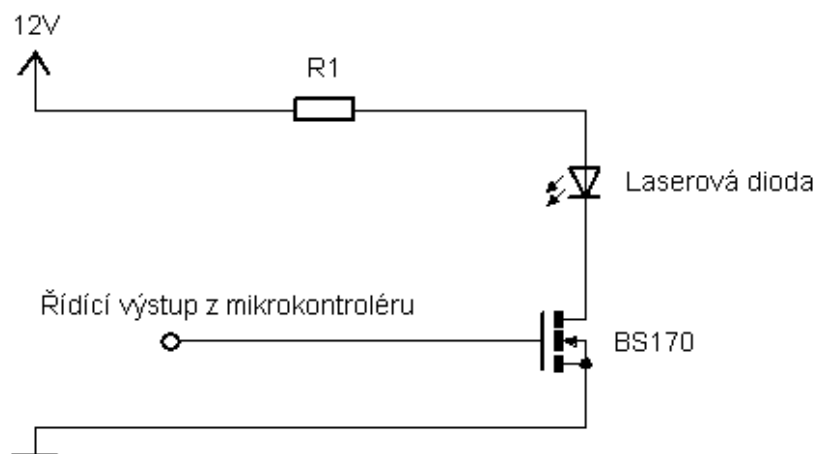
I_D Velikost proudu diodou,

U_nVelikost napájecího napětí,

U_dVelikost úbytku na diodě.

Pro zapojení byl z normalizované řady použit výkonový rezistor s hodnotou 47 Ω .

Mezi nulovým potenciálem a katodou diody je zapojen tranzistor BC550C, který spíná laserovou diodu. Elektroda gate tranzistoru je připojena přímo na vstupně/výstupní bránu mikrokontroléru. U tohoto zapojení není použito zpětnovazební fotodiody z kapitoly 2.1, jelikož není potřeba regulovat proud pomocí intenzity svitu a tudíž zůstává pin fotodiody nepřipojen.



Obrázek 6: Schéma zapojení laserové diody

3.1.2 Návrh chladiče pro laserovou diodu

Laserová dioda vyzařuje při plném provozu značné teplo. Samotná součástka se doporučuje bez chladiče vůbec nepřipojovat ke zdroji, jelikož vlivem přehřátí dojde k její destrukci. Dioda použitá v tomto zařízení ze zdroje odebírá proud 200mA při 3V. Z těchto parametrů je jasné, že pro správný chod diody je potřeba dostatečné chlazení.

Ztrátový výkon se na přechodu diody mění v teplo, které způsobí vzrůst teploty přechodu a pouzdra diody vzhledem k okolnímu prostředí[8].

$$P = U \cdot I = 3,0 \cdot 0,2 = 0,6 \text{ W}, \quad (2)$$

PCelkový ztrátový výkon,
 UNápájecí napětí diody,
 IProud protékající diodou.

Celkový tepelný odpor R_t , který odpovídá požadovanému výkonu P , lze určit pomocí hodnoty maximální přípustné teploty přechodu laserové diody $t_{jmax}=40^\circ\text{C}$ a nejvyšší teploty okolního prostředí $t_{amax}=25^\circ\text{C}$, při které má dioda pracovat[8]

$$R_t = \frac{t_{jmax} - t_{amax}}{P} = \frac{40 - 25}{0,6} = 26,7^\circ\text{C/W}, \quad (3)$$

R_t Celkový tepelný odpor,
 t_{jmax} Maximální přípustná teplota součástky,
 t_{amax} Nejvyšší teplota okolí.

Celkový tepelný odpor R_t se skládá z dílčích částí. Z vnitřního tepelného odporu R_{tj} , který charakterizuje přestup tepla z přechodu na pouzdro tranzistoru a má hodnotu $0,9^\circ\text{C/W}$. Z tepelného odporu R_{ts} , který charakterizuje přestup tepla z pouzdra do chladičské desky s hodnotou $0,42^\circ\text{C/W}$. A z R_{ta} charakterizující přestup tepla z chladičské desky do okolního prostředí. Pro volbu chladiče je důležité dopočítat hodnotu R_{ta} [8]

$$R_{ta} = R_t - (R_{tj} + R_{ts}) = 26,7 - (0,9 + 0,42) = 25,38^\circ\text{C/W}. \quad (4)$$

Pro dostatečné chlazení diody bude potřeba chladič s hodnotou odporu přestupu tepla rovnou nebo nižší než je $25,38^\circ\text{C/W}$.

3.2 Systém vychylování laserového paprsku

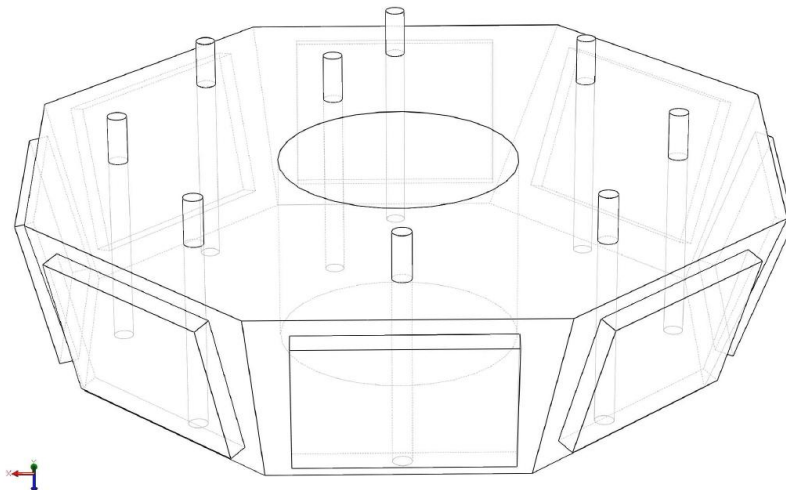
V praxi je řízení laserového paprsku pro vektorovou grafiku řešeno pomocí vychylování zrcadel umístěných na galvanometrech či aktuátorech. Zvolením rastrovacího vykreslování bylo nutno zvolit jiný způsob vychylování.

Prvotní myšlenkou bylo sestavit zobrazovací jednotku schopnou vykreslit text 8 x 60 pixelů. Výsledkem bylo sestavení osmistěnného hranolu, který rotací láme laserový paprsek do osmi pod sebou jdoucích linek.

Pro tento účel bylo nejvhodnější zvolit osmistěn o poloměru 35 mm po stranách obsahující zrcadla. Náklony jednotlivých stran byly zvoleny tak, aby jednotlivé řádky textu byly na vzdálenost 2000 mm horizontálně odděleny mezerou o velikosti 15 mm. Výpočtem bylo zjištěno, že potřebného náklonu dosáhneme posunutím zrcadel o $0^{\circ}24'$.

Dále bylo potřeba eliminovat vykreslování textu do oblouku, jelikož odrazem paprsku dopadajícího na kruhový objekt pod určitým úhlem dochází k zakřivení textu. Přičtením poloviny úhlu dopadajícího paprsku k úhlu naklonění jednotlivých zrcadel po stěnách karuselu bylo dosaženo dokonalého vycentrování celého systému.

Výkres karuselu byl vytvořen v systému CAD. Jako základ byl použit osmistěn o poloměru kružnice vepsané 35 mm a tloušťce 20 mm. Jelikož přesnost vychylování laserového paprsku je stěžejní, bylo nutné úhly natočení lomit přes střed symetrického osmiúhelníku umístěného do středu obrazce. Tím bylo dosaženo toho, že laserový paprsek dopadá vždy do stejné vzdáleného místa.



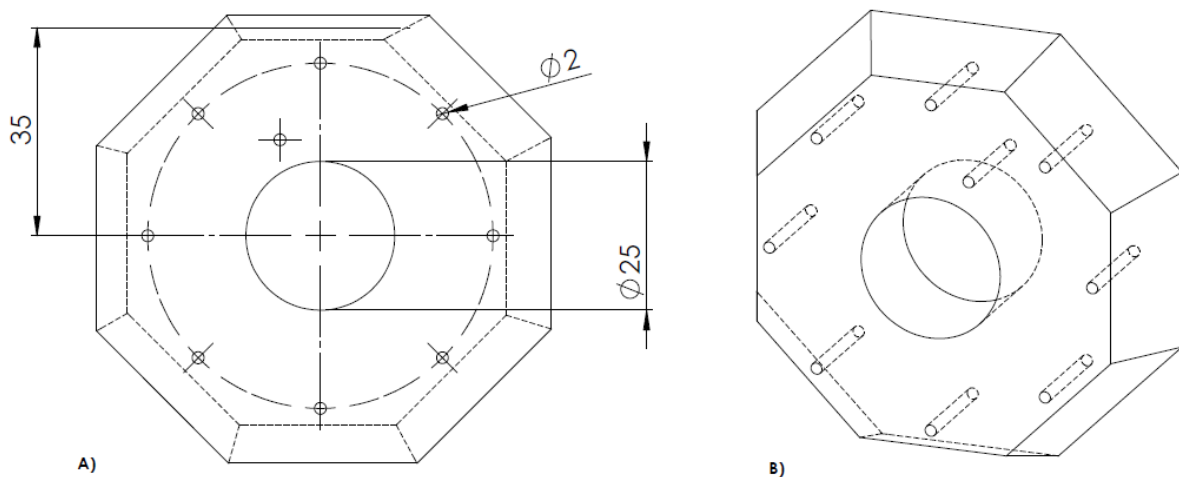
Obrázek 7: Model osmistěnu vytvořený v programu SolidWorks

Pro výřez karuselu byla použita metoda elektroerozivního obrábění. Jedná se o velmi přesnou metodu, která pro řez materiálu využívá elektrické výboje mezi nástrojovou elektrodou a obrobkem.

Zvoleným materiálem pro výrobu karuselu byl dural. Jedná se o kov nepatrně těžší než je hliník, ale přitom v tahu až pětkrát pevnější a tvrdší.

Dále byl řešen problém synchronizace natočení karuselu. Pro snímání polohy je použito bezkontaktního systému snímání pomocí dvojice optických bran. Protože každý řádek musí být spuštěn ve stejné poloze natočení zrcadla jako předchozí, bylo nutné místa pro uchycení přerušovacích plošek rozměřit velice přesně.

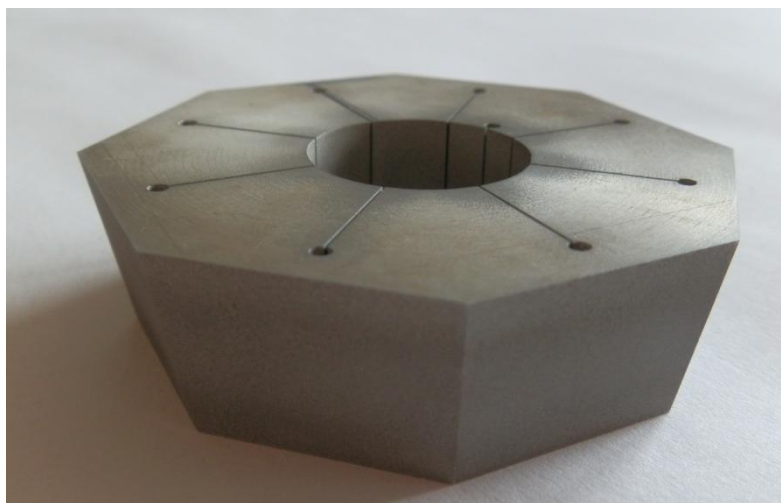
Rozložení otvorů je zobrazeno na obrázku 8. Postranní otvory jsou pro startovací plošky jednotlivých stran, jeden vnitřní otvor je pro umístění synchronizační plošky.



Obrázek 8: A) Rozložení optických bran B) 3D pohled ze spodní části

Ruční rozměření bran bylo nejjednodušším řešením, ale naopak mělo nejhorší výsledky. Nejpřesnější variantou bylo znovu narýsování součásti v CAD systému a vysoustružení součásti opět pomocí elektroeroze.

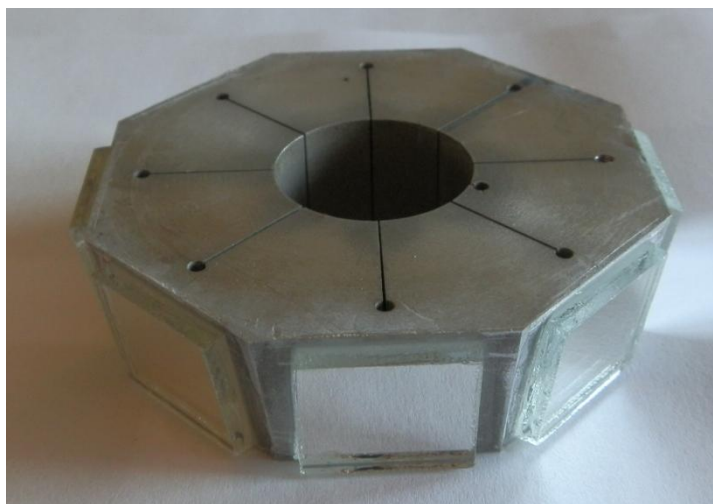
Na obrázku 9 je vidět kompletně osoustružený karusel připravený na montáž zrcadel.



Obrázek 9: Osoustružený osmistěn

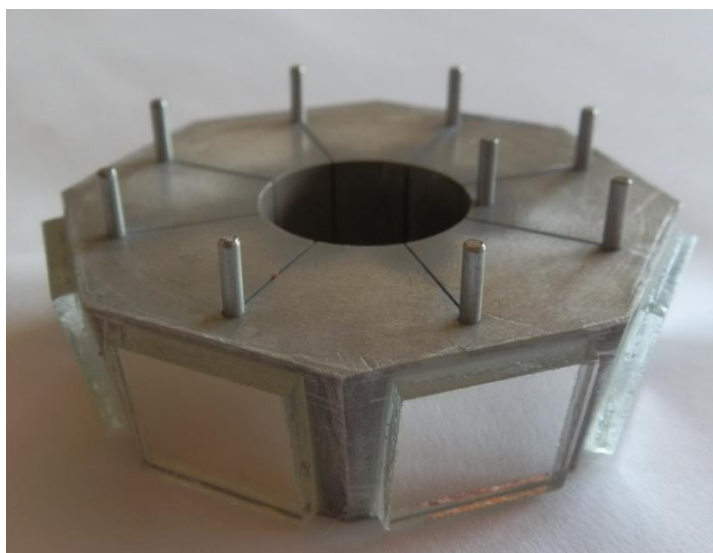
Pro odraz laserového paprsku bylo použito skleněných zrcadlových plošek tloušťky 3mm a rozměrech 18 x 20 mm. Jsou zde použita sériově vyráběná zrcadla s 95% odrazivostí světla.

Zrcadla jsou umístěná přesně ve středu stranové plošky 2 mm pod horním okrajem karuselu. Jelikož každá nečistota a nerovnost pod zrcadlem vnášela chybový úhel, bylo nutné zrcadla položit na očištěnou plošku a zafixovat polohu lepidlem po stranách zrcadla. Na obrázku 10 je zobrazen karusel s kompletně osazenými zrcadly.



Obrázek 10: Osazení zrcadel

Poslední operací bylo vytvoření kolíčků pro přerušování optických bran. Ty byly vytvořeny z hliníkové kulatiny o průměru 2 mm. Délka kolíčků je 45 mm a jsou vsunuty do obrobku karuselu. Optickou bránou tak prochází 10 mm kolíček vyčnívající z těla karuselu. Karusel ve finální podobě připravený pro montáž na rotační základnu je na obrázku 11.



Obrázek 11: Kompletně osazený karusel

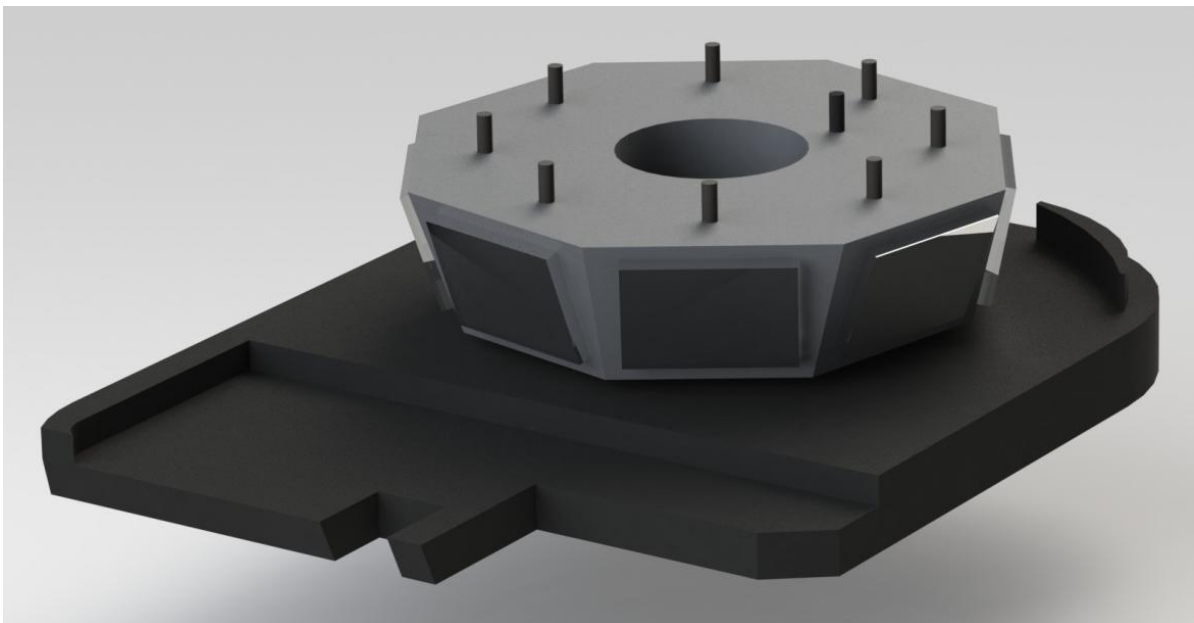
Z důvodu zjištění pevnosti uchycení zrcadel proběhlo testování rotací rychlostí otáčení 7500ot/min. Test proběhl úspěšně a pro pracovní rychlost 1500ot/min. je bezpečný.

3.2.1 Mechanická základna

Jelikož byl jako materiál pro výrobu osmistěnu zvolen dural, který uděluje karuselu značnou váhu, bylo nutné realizovat stabilní uchycení, protože i přes vycentrování a vyvážení vykazuje karusel při vysokých otáčkách značné vibrace. Byla proto vytvořena hliníková základna s ložiskem pro uchycení osmistěnu.

Pro pohon je použito stejnosměrného motoru s rychlostí otáčení 2200 ot./min. Je schopen osmistěnu udělit ryzost až 1600 ot./min. díky převodovému poměru motor-karusel 1:0,7. Rychlost otáček je důležitá pro snímkovací frekvenci. Napájení a zároveň regulaci otáček motoru zajišťuje obvod s pulsně šířkovou modulací (PŠM).

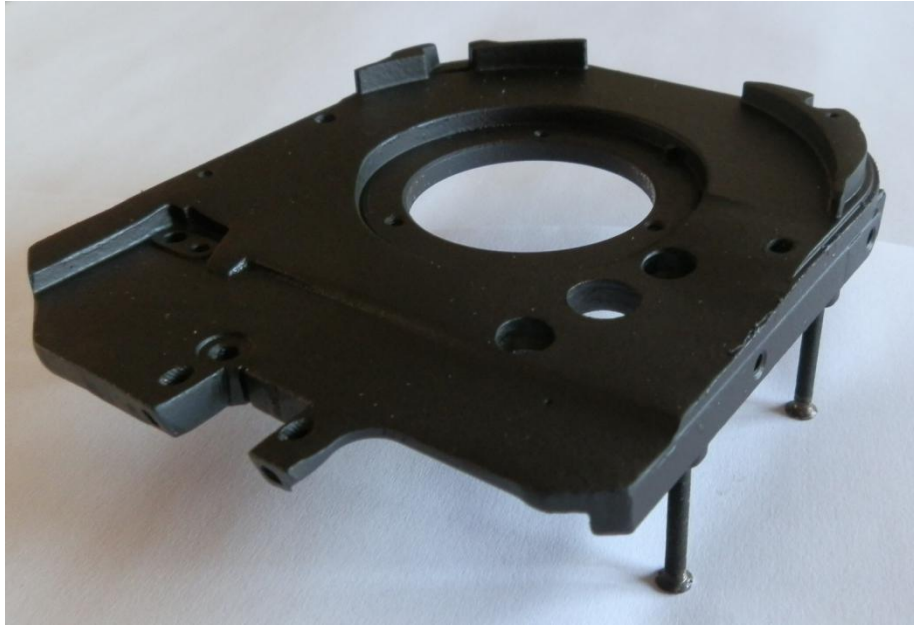
Na obrázku 12 je znázorněn model základny s uchyceným karuselem. Model byl vytvořen pomocí programu Solidworks.



Obrázek 12: Model základny spolu s osmistěnem

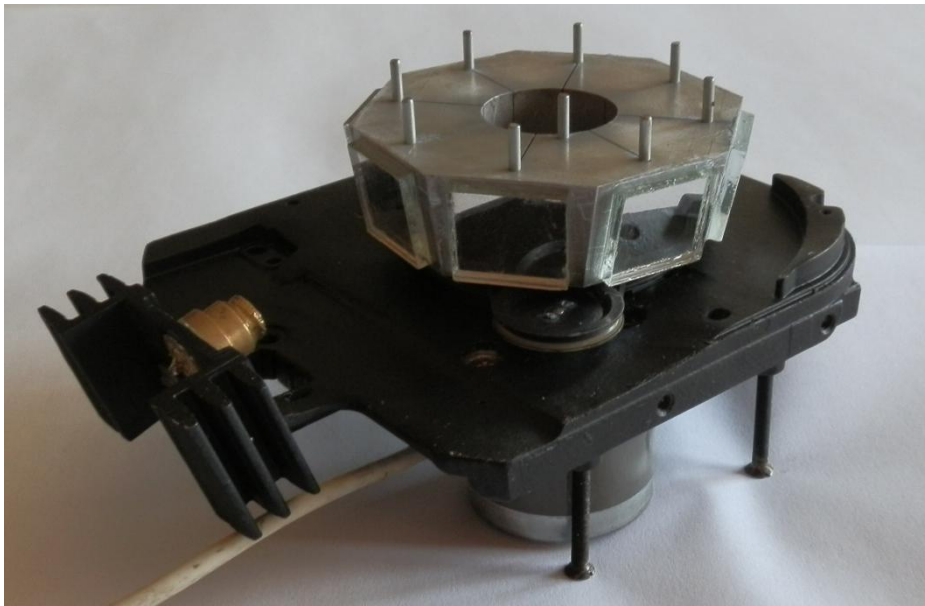
V přední části základny je výřez pro umístění laserového modulu s chladičem. Chladič je v těsném spojení s hliníkovou základnou. Díky tomu část tepla odevzdává samotná základna. Spojení laserového modulu s chladičem je teplovzdorným lepidlem a zároveň jsou plochy potřebné pro přenos tepla spojeny teplovodivou pastou.

Na obrázku 13 je vidět obrobena základna, uprostřed základny otvor pro ložisko, soustava tří otvorů pro montáž stejnosměrného motoru a v přední části závity pro laserový modul.



Obrázek 13: Osoustružená základna

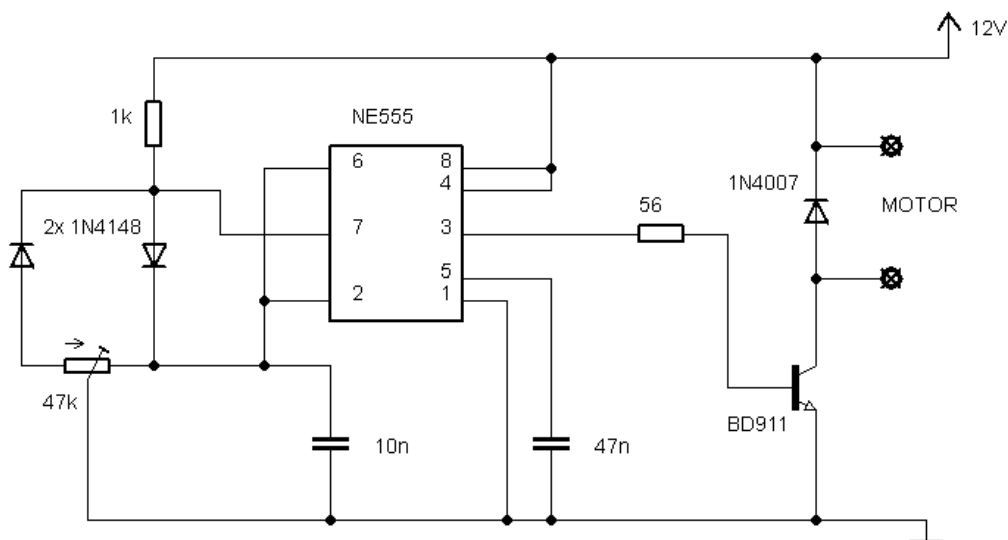
Osmistěn je na ložiskové základně uchycen pomocí zapuštěného šroubu, který je umístěný proti startovací bráně z důvodu vyvážení osmistěnu.



Obrázek 14: Základna osazená osmistěnem s zrcadly

3.2.2 Řídící jednotka otáček osmistěnu

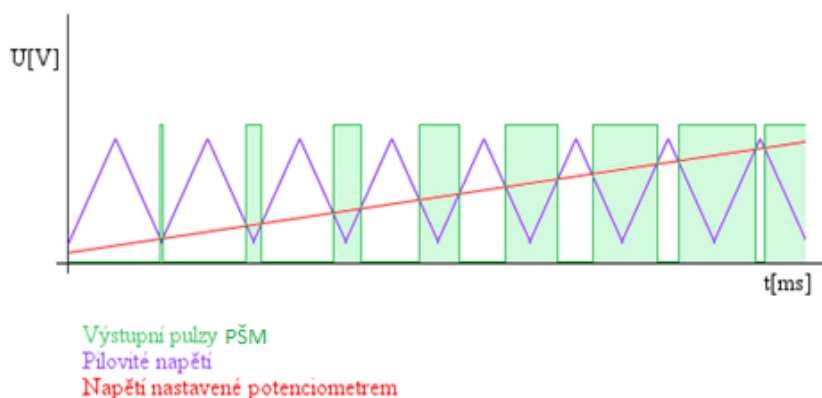
Jelikož se o synchronizaci starají optické brány, není nutné používat regulaci otáček. Důvodem, proč je v tomto zařízení regulátor zapojen, je možnost manuálního nastavení rychlosti karuselu. Rychlost otáčení karuselu je značně důležitá pro snímkovací frekvenci obrazu. Jedna otáčka karuselu odpovídá jednomu vykreslenému snímku, tudíž změna rychlosti otáčení umožňuje nastavení počtu snímků za vteřinu. Časové konstanty pro vykreslení řádku jsou neměnné. Proto kromě nastavení počtu snímků je možné rychlosti otáčení upravovat také šířku textového pole.



Obrázek 15: Schéma zapojení PŠM [8]

Pro řízení otáček motoru je použito jednoduchého zapojení pulsně šířkové modulace. Na rozdíl od obyčejné spojité regulace, kde dochází ke snižování napětí a proudu, při pulzní regulaci zůstává proud i napětí stejné, ale mění se doba průchodu proudem motorem.

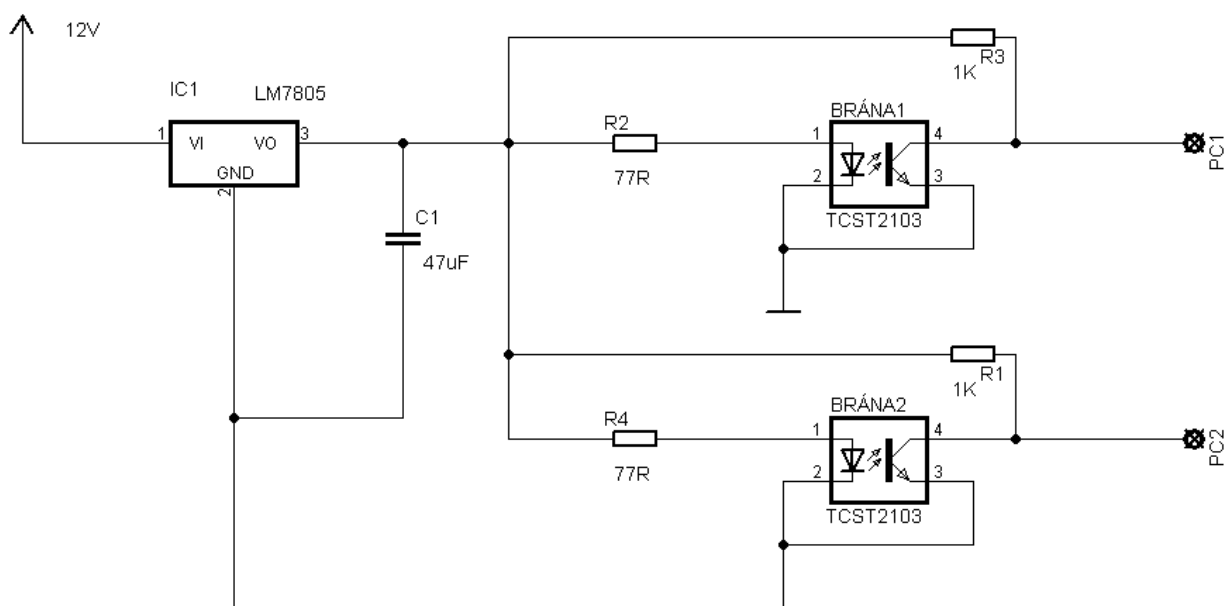
Zapojení z obrázku 15 je schopné regulovat otáčky v rozmezí od 3% do 96%. Princip PŠM je zobrazen na obrázku 16. Integrovaný obvod NE555 je zapojen jako astabilní klopný obvod. Velikost referenčního napětí se nastavuje potenciometrem. Výstup z integrovaného obvodu je připojen na tranzistor, který tvoří spínací prvek mezi elektronikou a motorem [8], [9].



Obrázek 16: Graf PŠM regulace [9]

3.2.3 Optické brány

Pro synchronizaci zařízení jsou na vstupy PC1 a PC2 mikrokontroléru připojeny výstupy dvou optických bran. Jedná se o brány TCST2103, které jsou tvořeny infračervenou diodou a fototranzistorem. Rychlost otevření tranzistoru se v případě tohoto typu pohybuje okolo 10 μ s. V případě protnutí brány je na vstup mikrokontroléru přivedena logická nula. První brána slouží pro synchronizaci roztočeného karuselu na pozici prvního zrcadla a druhá brána udává vždy impuls při průchodu jednotlivých zrcadel startem [10].

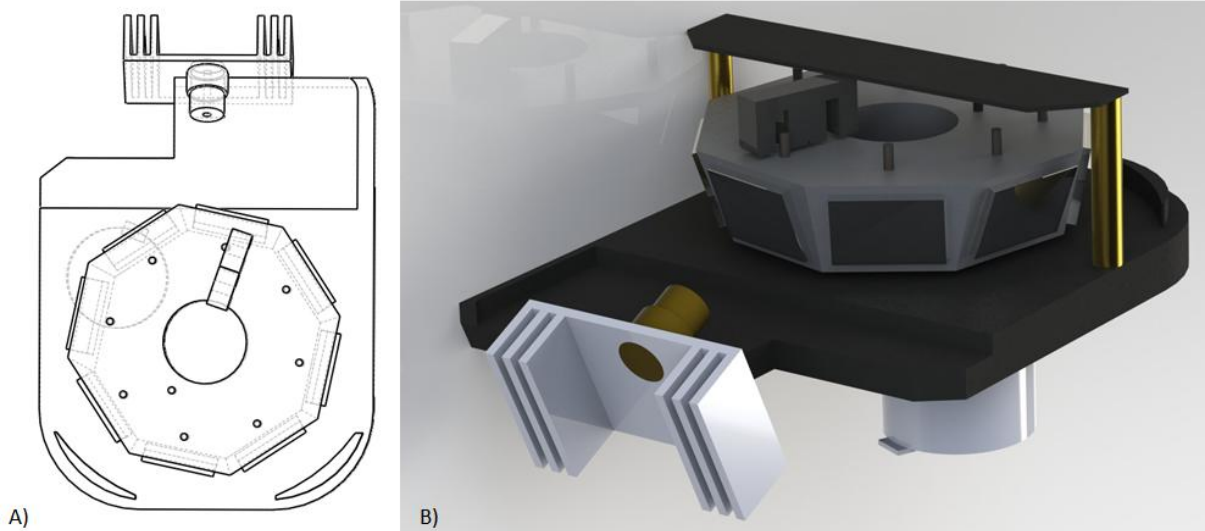


Obrázek 17: Schéma zapojení optických bran[10]

Při využívání vstupů mikrokontroléru je potřeba zajistit na daném vstupu implicitní stav, aby nedošlo k rušení z externích zdrojů. Využívá se systému tzv. pull up a pull down odporů, kdy se pomocí těchto odporů nastaví buď logická jednička (pull up), anebo logická nula (pull down).

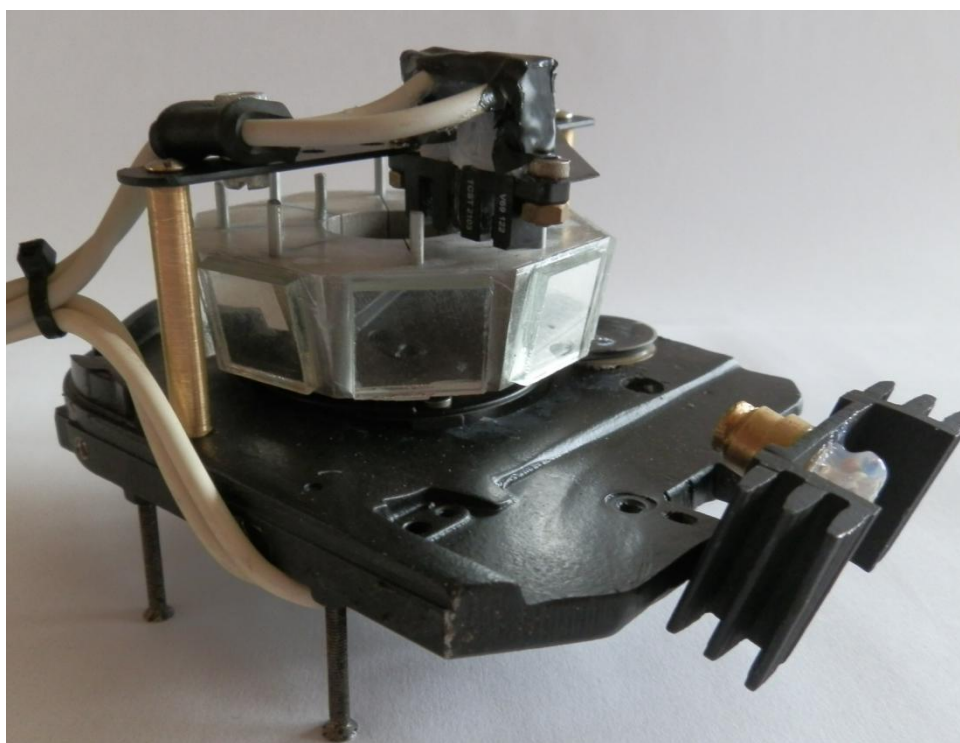
V případě tohoto zapojení optických bran je využito systému pull up odporů. Emitor tranzistoru v optické bráně je připojen na nulový potenciál a kolektor je připojen na vstup mikrokontroléru a zároveň přes odpor 1k Ω na napájení. Při připojení napájení na optickou bránu se otevře tranzistor a na kolektoru se objeví logická nula. Při přerušení optického paprsku dojde k uzavření tranzistoru a na kolektoru se objeví logická jednička [11].

Na obrázku 18a je znázorněno vyosení optických bran, na obrázku 18b je návrh vzhledu promítací hlavy. Návrhy jsou vytvořeny v systému SolidWorks.



Obrázek 18: A) náhled posunutí bran B) konečný návrh promítací hlavy

Pokud je zrcadlo natočeno kolmo k laserovému paprsku, dopadá paprsek přesně do středu zrcadla. Ve středu zrcadel se nachází také jednotlivé startovací plošky. Pro symetrické rozložení obrazu je důležité posunutí brány tak, aby spíнала právě v okamžiku, kdy paprsek dopadá na pravý okraj zrcadla.



Obrázek 19: Konečný vzhled promítací hlavy

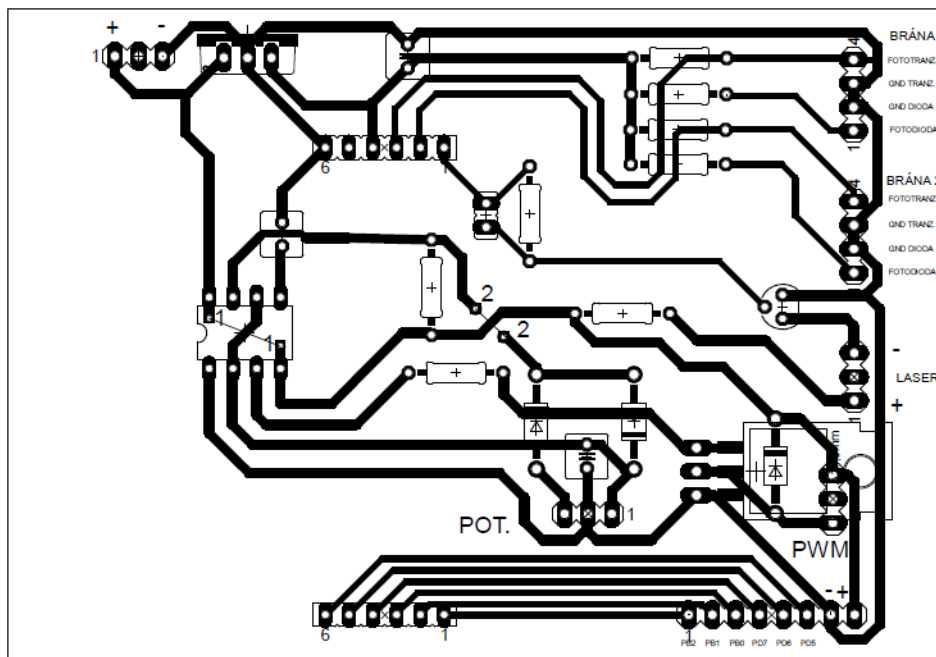
3.3 Deska plošného spoje napájení bran, laseru a PŠM regulace

Bylo nutné navrhnout desku zajišťující funkci periférií laserového modulu, PŠM regulace otáček motoru a napájení optických bran. Obsahuje také stabilizátor napětí 5V pro zásuvný modul mikrokontroléru.

Deska je konstruována modulárně tak, že se k ní periferie zapojují pomocí instalovaných konektorů. Obsahuje konektory pro připojení dvou optických bran, laserového modulu, napájení motoru z PŠM regulace a pin pro připojení potenciometru pro řízení otáček motoru.

Slouží také jako nosný prvek pro zásuvný modul s mikrokontrolérem, kterému dodává stabilizované napětí 5V. Pro připojení modulu mikrokontroléru je k dispozici dvojice dutinových lišt o označení BL840G. Deska obsahuje také vývod univerzálních pinů z mikrokontroléru pro případné využití.

Napájení komponentů na desce zajišťuje spínaný zdroj s výstupním napětím 12V a proudem 2A.

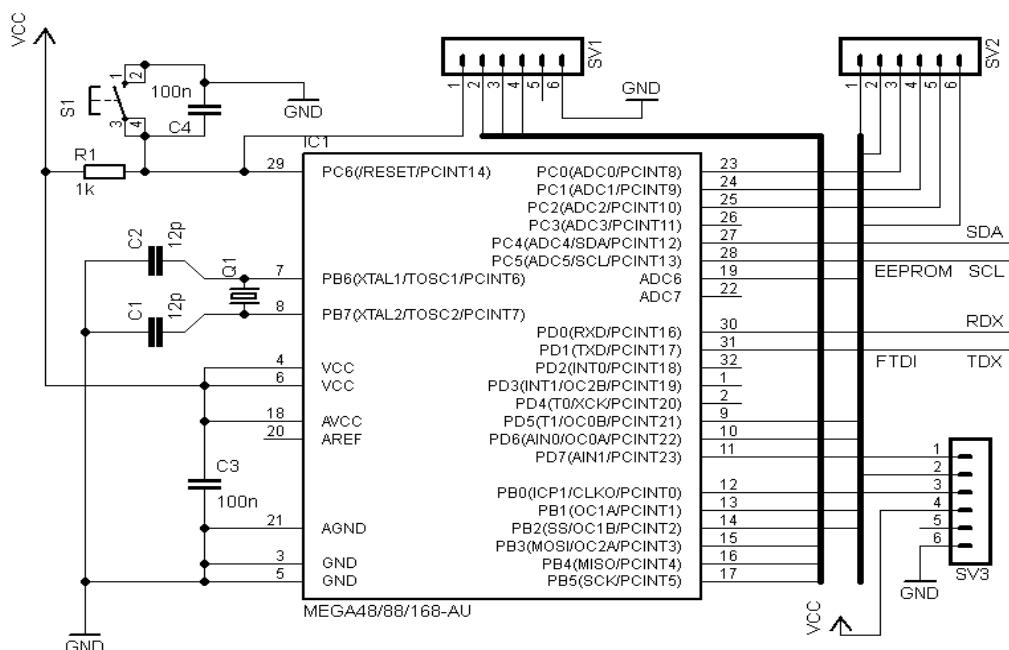


Obrázek 20: Hlavní deska plošného spoje

4 Řídící jednotka zařízení

Pro řízení celého zařízení byl použit mikrokontrolér ATmega48. Jedná se o 8bitový nízkopříkonový mikrokontrolér vybavený jednoduchým 8bitovým čítačem/časovačem. K dispozici je také další 8bitový asynchronní čítač/časovač a 16bitový čítač/časovač (režimy Output Compare, Input Capture, PWM a další). Mikrokontrolér disponuje 28 vstupně/výstupními branami, které jsou označeny PB až PD. Každá brána je schopen dodat výstupní proud až 20 mA [12].

Jelikož vnitřní oscilátor mikrokontroléru vykazuje značnou nestabilitu frekvence, je k mikrokontroléru připojený externí krystal o frekvenci 20MHz. Jedná se o katalogové zapojení [12].

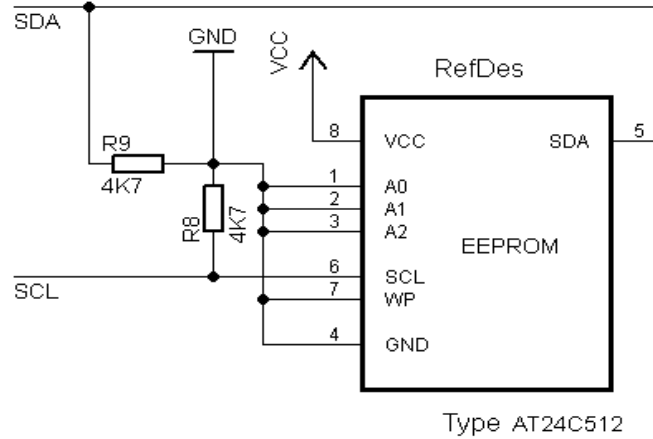


Obrázek 21: Zapojení mikrokontroléru

4.1 Paměť EEPROM

Protože samotný mikrokontrolér disponuje flash pamětí o velikosti pouze 4Kb, je zde pro uložení obrazců použita paměť EEPROM typu AT24C512. Jedná se o součástku obsahující 524.288 bitů elektricky mazatelné a programovatelné paměti, která je uspořádána jako 65.536 paměťových buněk po 8 bitech [13].

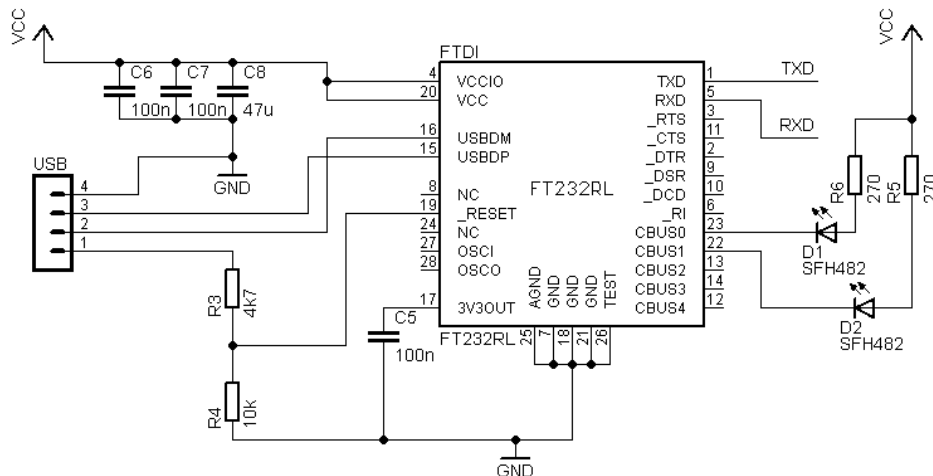
Paměť obsahuje piny pro konfiguraci její adresy, což této součástce umožňuje pracovat na jednom dvou vodičovém kanálu až se 4 dalšími paměťmi. Výhodou této paměti je možnost jejího využití v zařízení s velice nízkou spotřebou energie. [13].



Obrázek 22: Zapojení EEPROM[11]

4.2 Sériový řadič FT232RL

Pro komunikaci zařízení s počítačem je v obvodu připojen integrovaný obvod FT232RL. Jedná se o převodník USB/UART. Popisovaný integrovaný obvod obsahuje interní vyrovnávací paměť o velikosti 384B (PC > zařízení) a 128B (zařízení > PC). K asynchronní komunikaci jsou využity signály RXD (příjem) a TXD (vysílání) a společné země GND. Obvod může pracovat jak s 5V, tak i 3,3V logikou. Napájecí napětí je 4,35-5,25V a je možné ho napájet přímo z USB. V této práci je použito externího napájení z 5V stabilizátoru LM7805 [14].

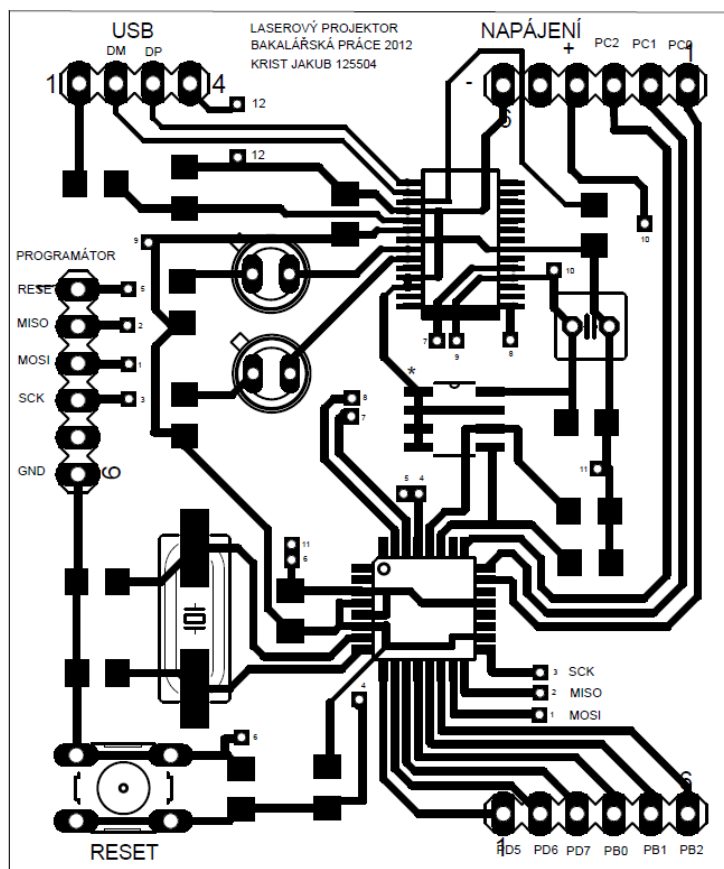


Obrázek 23: Zapojení řadiče FT232RL

4.3 Hlavní deska mikrokontroléru a jeho komponentů

Deska plošného spoje mikrokontroléru je vyrobena jako zásuvný modul, který obsahuje veškeré přídatné komponenty pro mikrokontrolér spolu s řadičem FT232RL a pamětí EEPROM.

Výstupem z desky je pouze soustava oboustranných připojovacích kolíků, které korespondují s hlavní deskou obsahující periferie napájení a řízení ostatních zařízení. Je navržena univerzálně, proto jsou vyvedeny i nezapojené piny z mikrokontroléru pro případné zapojení dalších periférií. Plošné spoje byly navrženy v programu Eagle a vyrobeny fotocestou. Rozměry desky jsou 60 x 50mm

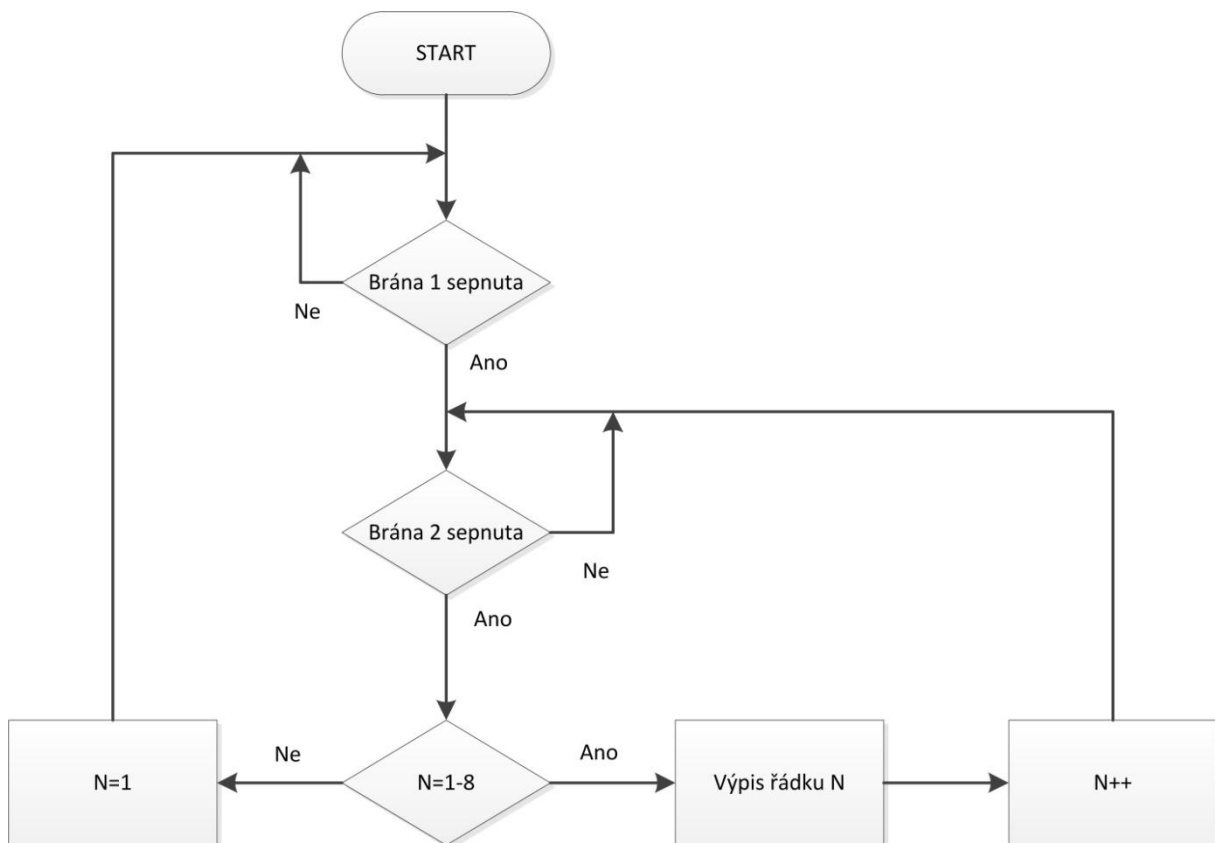


Obrázek 24: Deska mikrokontroléru

5 Program řízení vykreslování

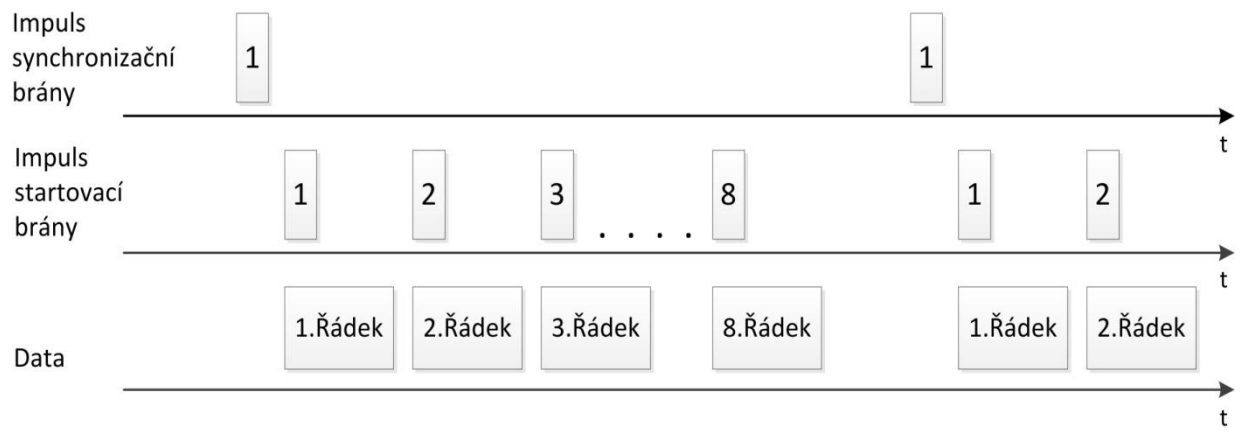
Vývojový diagram na obrázku 25 zobrazuje princip funkce programu mikrokontroléru.

Při zapnutí napájení je nejprve nutno synchronizovat karusel na pozici prvního zrcadla. Pro tento účel je u středu karuselu umístěna brána číslo 1, která se po přerušení přepne do stavu „synchronizováno“ a povolí komunikaci brány číslo 2. Brána 2 má při přerušení odstartovat vykreslení příslušného řádku. Data, která jsou načtena v bufferu mikrokontroléru, jsou postupně po řádcích vyčítána. Jakmile dojde k vykreslení posledního bodu řádku, program se zastaví a čeká na opětovné protnutí následující brány, která povolí vykreslení dalšího řádku. Po vykreslení 8. řádku dojde k vrácení programu na začátek a opět se čeká na synchronizaci od první brány.



Obrázek 25: Vývojový diagram funkce vykreslení jednotlivých řádků

Po každé otočce karuselu je nutná synchronizace karuselu, jelikož pokud by v průběhu vykreslování vznikla nějaká chyba programu či nesprávnému povolení brány číslo 2, došlo by ke ztrátě synchronizace a nesprávnému vykreslování řádků. Graf na obrázku 26 ilustruje celkový cyklus vykreslení jednoho obrazce.



Obrázek 26: Graf cyklu vykreslení jednoho obrazce

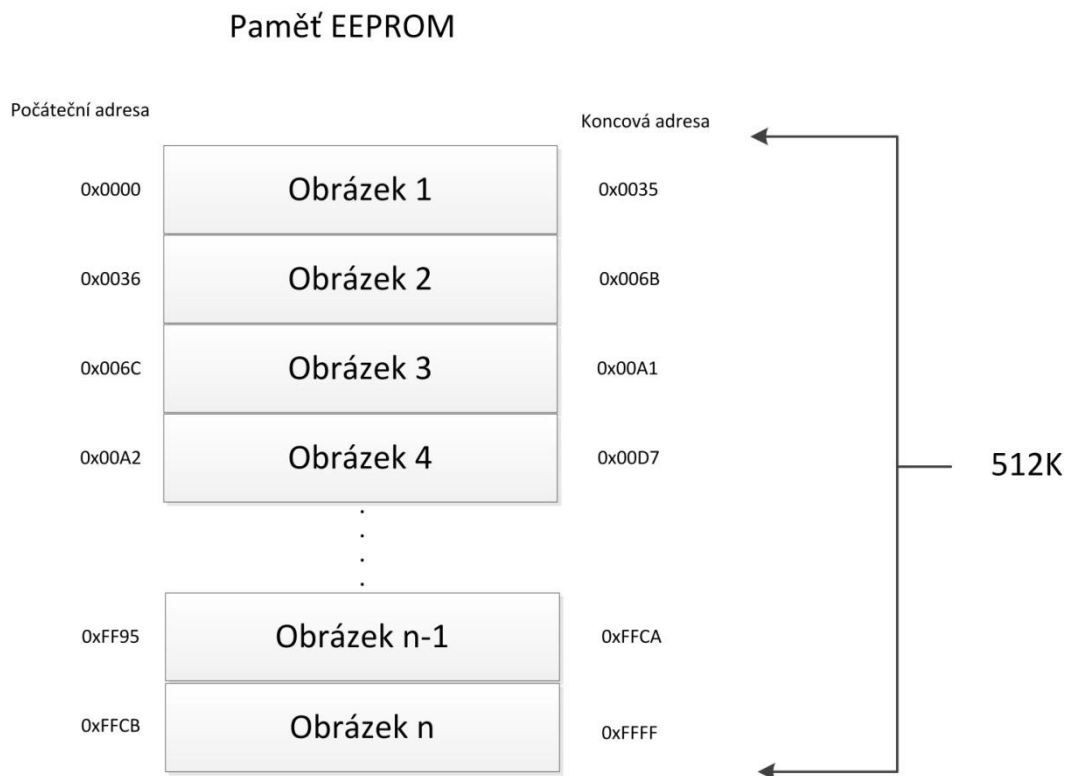
5.1 Systém ukládání obrázků na EEPROM

Jelikož zařízení nese pro ukládání obrázců vlastní paměť, bylo nutné vymyslet systém ukládání obrázků tak, aby se k nim dalo přistupovat jednotlivě.

Zařízení je koncipováno na vykreslení obrázků s přesně definovaným rozlišením ve vertikální ose, a to konkrétně osmi obrazových bodů. Naopak v horizontální ose může být rozlišení mnohem větší a záleží pouze na požadavcích programátora. V této práci je použito 60 obrazových bodů.

Díky tomu, že je výška sloupce obrázku osm bodů, lze vždy jeden sloupec napsat jako číslo v hexadecimální soustavě. Tím vznikne soustava hexadecimálních čísel, jejichž počet je roven počtu bodů ve vertikální ose. V tomto případě má tedy jeden obrazec velikost šedesáti bajtů, se kterými dále pracuje program popsán v kapitole 4.

Vzniklé data o velikosti šedesáti bajtů je tedy potřeba nahrát do paměti. Je nutné jednotlivé obrazce ukládat do paměti tak, aby se daly jednotlivě vybírat a vykreslovat. Inspirací bylo prostudování FAT systému (File Allocation Table) ukládání dat v současných počítačích. Zjednodušený princip spočívá v tom, že prostor paměti je rozdělen na dva díly. První zabírá jen nepatrné množství paměti a obsahuje tabulku informací o uložení samostatných souborů. Tabulka FAT je vlastně pole záznamů. Pro každý cluster z datové oblasti disku je zde jeden záznam, který udává stav tohoto clusteru. Druhý díl paměti je pak použit jako datová oblast, na kterou se odkazuje tabulka FAT. Pro tuto práci se tento systém velice zjednodušil a se systémem FAT má společné pouze to, že zůstala zachována určitá tabulka informací o daném obrazci, který si tyto informace v paměti nese sebou. [15].



Obrázek 27: Princip ukládání dat na EEPROM

Tento systém uložení v paměti je umožněn proto, že každý obrazec zabírá stejně velikou šířku bajtového pole. Pokud by obrazce měly každý jinou velikost, tento systém by nefungoval. Každý obrazec si kromě šedesáti bajtů dat představující obrazová data nese ještě informaci o adrese první paměťové buňky předchozího obrazce. Dále adresu první paměťové buňky následujícího obrazce a časový údaj o tom, jak dlouho či kolikrát bude zařízením vykreslen. Tím se velikost jednoho obrazce rozšířila z šedesáti na šedesát tři bajtů.

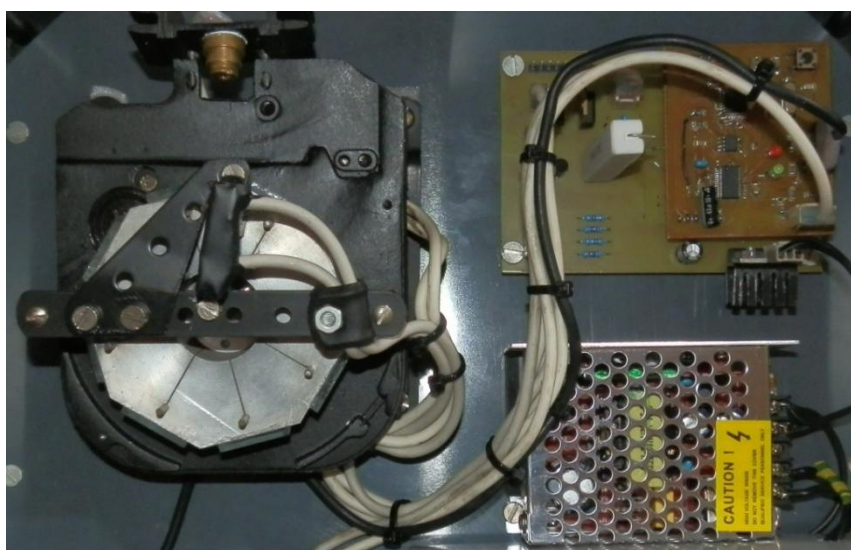
Výhodou toho, že má každý obrazec svůj časový údaj je, že lze tímto způsobem vytvářet nejen prezentaci obrazců s dlouhým časovým rozdílem, ale je možné vytvářet jednoduché animace bez složité programové podpory.

Ukládání a čtení dat je tedy prováděno programem, který má uloženou adresu první paměťové buňky obrazce. Data se načtou do bufferu mikrokontroléru, který s nimi dále pracuje podle postupu z kapitoly 4. Načtením dat prvního obrazce jsou zjištěny také informace o adrese uložení dalšího obrazce. Po vykreslení daného obrazce tudíž dojde k načtení následujícího obrazce. Aby bylo docíleno toho, že budou prezentace probíhat neustále dokola v nekonečné smyčce, obsahuje poslední obraz adresu prvního a tím dojde k vrácení programu na začátek.

6 Kompletace zařízení

Aby se dalo zařízení reálně využít, bylo nutné jej zakrytovat vhodným obalem, který chrání a izoluje veškeré periferie popsané výše. Jelikož každá periferie zabírá značnou část prostoru, bylo potřeba volit krabici o větších rozměrech. Jako nejvhodnější se jevila sériově vyráběná plastová krabice s označením U-KP30 s vnějšími rozměry 295x215x120mm.

V krabici je možné instalovat montážní desku s rozměry 284x194mm. Tato deska poslouží, jako nosník pro komponenty zařízení. Rozložení periferií na desce ilustruje obrázek 28, vlevo je umístěna vykreslovací hlava, vpravo dole napájecí zdroj a vpravo nahoře obslužná elektronika.



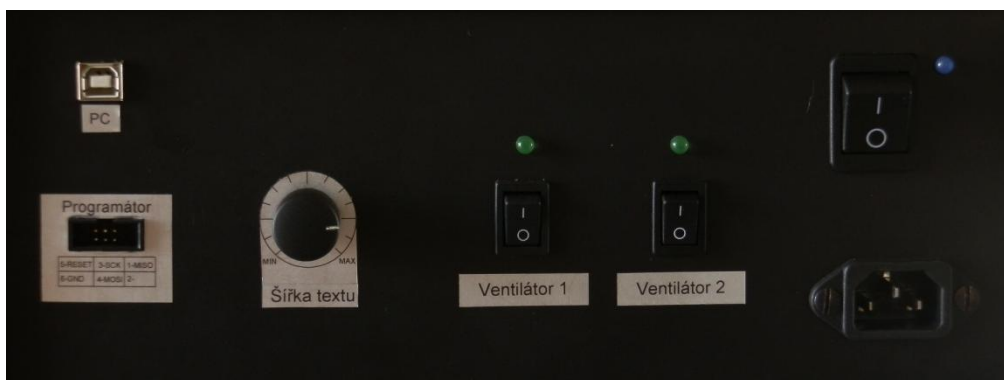
Obrázek 28: Rozložení periferií na montážní desce

Ovládací prvky pro řízení periferií jsou instalované na zadní straně krabice. Je zde k dispozici hlavní vypínač zařízení, ovládání dvou instalovaných ventilátorů pro chlazení periferií v krabici a potenciometr pro řízení otáček karuselu. Všechny vypínače jsou vybaveny signalizačními kontrolkami chodu. Pro hlavní vypínač je použito modré difuzní diody, pro chod ventilátorů je použito dvou zelených difuzních diod.

V zadním krytu je umístěno několik připojovacích konektorů. V první řadě je zde standardní EURO konektor pro napájení ze sítě. Dále je zde použito konektoru USB-B pro připojení k PC a konektor MLW06G pro možnost programování zařízení bez nutnosti demontáže. Rozmístění programovacích vodičů v konektoru je popsáno v tabulce 1. Fotografie hotového ovládacího panelu je na obrázku 29.

Tabulka 1: Rozmístění programovacích pinů

5-RESET	3-SCK	1-MISO
6-GND	4-MOSI	2-



Obrázek 29: Ovládací prvky na zadní straně krytu

Přední strana krabice je z poloviny osazena průhledným plastovým krytem. Díky průhlednému plasty může laserový paprsek vycházet ze zařízení, aniž by bylo porušeno krytí. Vrchní strana krabice je pak osazena dvěma ventilátory s průtokem vzduchu $30,58\text{m}^3/\text{hod.}$ pro chlazení zařízení. Kompletní zařízení je vidět na obrázku 30.



Obrázek 30: Hotové zařízení

7 Závěr

Laserový zobrazovač tohoto typu, vykreslující obraz jako rastr, je konkurencí světelných informačních tabulí. Celé zařízení je řízeno jedním mikrokontrolérem ATmega48 spolu s pomocnou elektronikou sestávající se s paměti EEPROM s velikostí 512K a řadičem FT232RL UART-USB. Zařízení je schopno promítat matici bodů o rozlišení 8x60 bodů. Rozlišovací schopnost zařízení je ve vertikální ose omezena počtem zrcadel na karuselu. Toto rozlišení je možné zvýšit přidáním dalších zrcadel. Výhodou vytvořeného laserového zobrazovače je relativně jednoduchý systém řízení s možností kreslení prezentací či jednoduchých animací.

Toto zařízení by našlo využití jako světelný poutač schopný vykreslovat informace či obrázky jak velmi malou vzdálenost v místnostech, tak na velkou vzdálenost, příkladně na zdi panelových domů. Protože laserovému paprsku nevadí členitost promítací plochy, je možné vykreslovat text i na vodní hladinu.

V neposlední řadě by laserový zobrazovač našel uplatnění také v protipožární ochraně jako naváděcí zařízení v chodbách hořících budov, jelikož laserový paprsek proniká kouřem několikanásobně lépe, než jakýkoli jiný světelný zdroj.

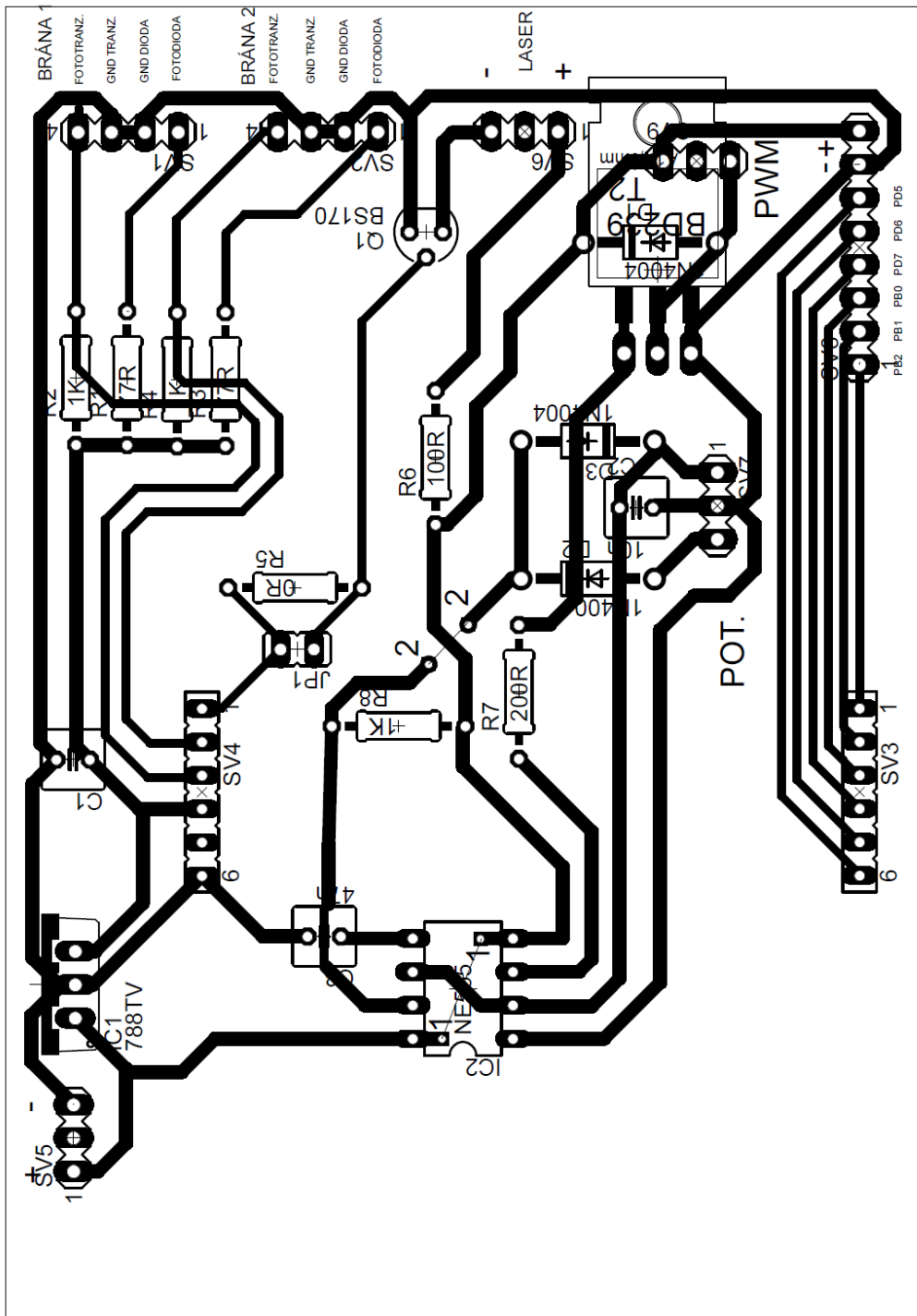
8 Použitá literatura

- [1] *Lasery-kvalitne* [online]. 4. 4. 2008 [cit. 2011-12-05]. Halušková Lasershow. Dostupné z WWW: <<http://lasery.kvalitne.cz/index.php?text=16-haluszkova-lasershow>>.
- [2] *LaserFX* [online]. 13.8.2008 [cit. 2011-11-24]. How Laser Shows Work - Laser Projector. Dostupné z WWW: <<http://www.laserfx.com/Works/Works3.html>>.
- [3] Principy zobrazování. *Seriál o projektorech* [online]. 3.11. 2010, 1, [cit. 2011-11-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.digitalnitatelevize.cz/magazin/obecne/mala-encyklopedie-televizni-techniky/2010-11-3-serial-o-projektorech-dil-prvni-principy-zobrazovani.html>>.
- [4] DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky - 2. díl*. Věšínova 5, Praha 10 : BEN - technická literatura, 2005. 208 s.
- [5] *Ufo's Web Page* [online]. 26.05.2008 [cit. 2011-11-24]. DVD laser modul. Dostupné z WWW: <<http://www.ufonet.ic.cz/index.php?text=111-hotovy-dvd-laser-modul>>.
- [6] *Optoelektronické prvky* [online]. 27.5.2011 [cit. 2011-11-24]. Laserová dioda. Dostupné z WWW: <<http://home.zcu.cz/~houlec/htm/LD.htm>>.
- [7] *KEYCHAIN* [online]. 2010 [cit. 2011-11-24]. LASER DRIVER CIRCUIT . Dostupné z WWW: <<http://webpace.webring.com/people/gl/lemagicien/elecpage/chlaser/chlaser.html>>.
- [8] BAJER, Arnošt. Chlazení: Technologické provedení chladičů. s. 8. Dostupné z: <http://www.umel.feec.vutbr.cz/~bajer/>
- [9] HÁJEK, Jan . *2x časovač 555*. Praha : Nakladatelství AA, Praha a BEN, 1998. 112 s.
- [10] CHYTIL, Jiří. Modul pro regulaci pomocí PWM. *Bastlení* [online]. 05. 04. 2008, x, [cit. 2011-11-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.8bitu.cz/clanek/modul-pro-regulaci-pomoci-pwm/>>.
- [11] *GM Electronics* [online]. 1999 [cit. 2011-12-05]. Transmissive Optical Sensor with Phototransistor Output. Dostupné z WWW: <<http://doc.gmecdn.cz/521/521-043/dsh.521-043.1.pdf>>.
- [12] ATmega48. ATMEL. *ATmega48* [online]. 2011 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc2545.pdf>
- [13] Two wire serial EEPROM. *Atmel* [online]. 2007 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc1116.pdf>
- [14] FT232RL. *FTDI* [online]. 2010 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf
- [15] Co je to FAT32, FAT16 a FAT12. *Pooh* [online]. 2002, 25.10.2002 [cit. 2012-05-28]. Dostupné z: <http://www.pooh.cz/1001/a.asp?a=2002719&db=1001>

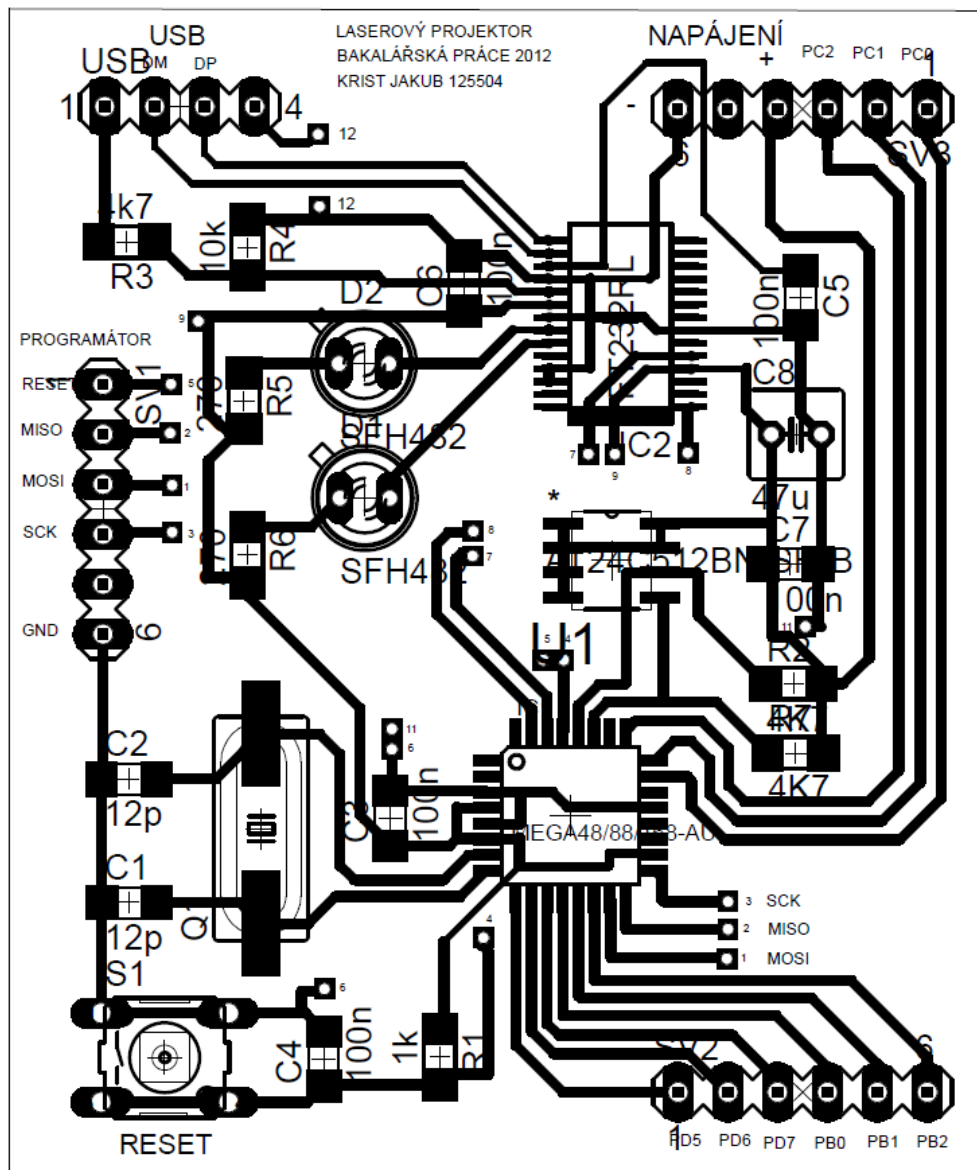
Seznam příloh

A	Návrh zařízení.....	34
A.1	Osazovací plán napájecí desky.....	35
A.2	Osazovací plán desky mikrokontroléru.....	36
A.3	Vodivý motiv napájecí desky.....	37
A.4	Vodivý motiv desky mikrokontroléru.....	37

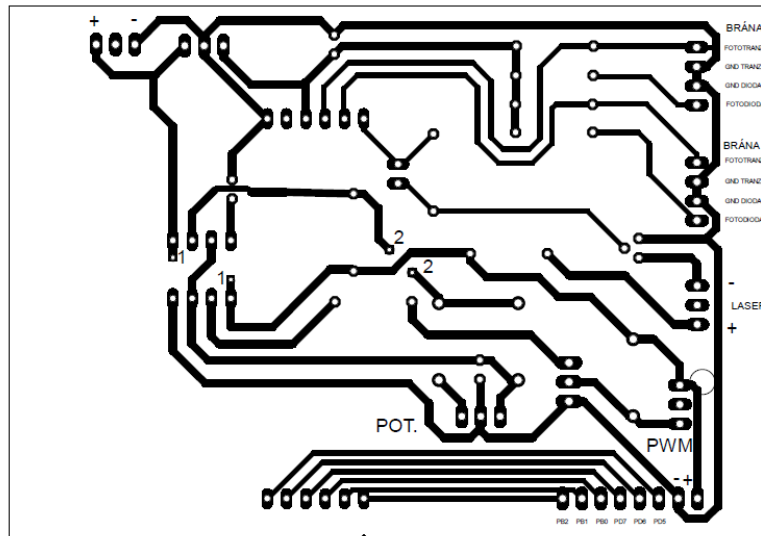
A.1 Osazovací plán napájecí desky



A.2 Osazovací plán desky mikrokontroléru

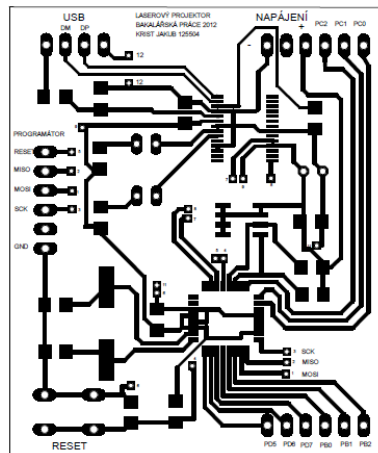


A.3 Vodivý motiv napájecí desky



Rozměr desky 100 x 70 [mm], měřítko M1:1

A.4 Vodivý motiv desky mikrokontroléru



Rozměr desky 50 x 60 [mm], měřítko M1:1