



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

3D LASEROVÝ DÁLKOMĚR VERTIKÁLNĚ POLOHOVATELNÝ

3D LASER RANGEFINDER VERTICALLY MOVEMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ONDŘEJ UHER

ING. TOMÁŠ MARADA, PH.D.

BRNO 2008

ZADÁNÍ ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

(na místo tohoto listu vložte originál anebo kopii zadání Vaší práce)

Prázdný list

LICENČNÍ SMLOUVA

(na místo tohoto listu vložte vyplněný a podepsaný list formuláře licenčního ujednání)

Prázdný list

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je vytvořit polohovací mechanismus pro dvojdimenzionální laserový dálkoměr SICK LMS-291. Mechanismus má zajistit vertikální pohyb dálkoměru.

ABSTRACT

Aim those bachelor thesis be formed locating mechanism for two-dimensionally laser range finder SICK LMS-291. Mechanism has ensured upright movement rangefinder.

KLÍČOVÁ SLOVA

SICK LMS-291

KEYWORDS

SICK LMS-291

Prázdný list

Obsah:

1	Úvod.....	11
2	SICK LMS 291.....	13
	2.1 Skenování.....	14
3	Pohon, převodovka a snímač polohy.....	17
	3.1 Pohon a převodovka.....	17
	3.2 Snímače polohy.....	18
	3.2.1 Princip činnosti optického snímače.....	19
4	Návrh a realizace polohovacího mechanismu.....	21
	4.1 Návrh.....	21
	4.2 Realizace.....	22
5	Návrh a realizace elektroniky.....	25
	5.1 Návrh.....	25
	5.2 Realizace.....	29
6	Ověření funkčnosti.....	31
7	Závěr	33
	Seznam použité literatury.....	35

Prázdná stránka

1 Úvod

Během práce je cílem seznámit se s laserovým dálkoměrem SICK LMS 291 a s principem jeho činnosti. Tento dálkoměr má široké využití v různých odvětvích. Používá se například při výběru mytného, kde udává velikost projíždějícího vozidla nebo pro monitorování výrobních linek. Je vhodný i pro laboratorní úlohy. Protože vznikl požadavek na trojdimenzionální měření, bylo třeba navrhnout vhodné řešení. Nejjednodušším řešením, ale zároveň cenově náročným, by bylo pořídit 3D skener. Vzhledem k dobrým vlastnostem 2D dálkoměru LMS 291 byl navržen polohovací mechanismus, který nahrazuje 3D dálkoměry.

2 SICK LMS 291

LMS 291 (laserový měřicí skener) produkt německé společnosti SICK, který je celosvětově jedním z nejpoužívanějších laserových skenerů. Jedná se o bezkontaktní laserový dálkoměr, vhodný pro vnitřní i vnější užívání, který dvourozměrně skenuje vlastní okolí. LMS 291 je laser třídy 1, to znamená, že je možné dívat se přímo do laserového paprsku bez trvalého poškození zraku. Naměřená data lze za pomoci software zpracovat a vyhodnotit. Ta se pak dají použít například k určení polohy skenovaného předmětu. K přenosu dat je použito sériové rozhraní RS232 nebo RS422. Rozdíl v použitelnosti rozhraní je přenosová rychlost dat. RS232 a RS422 lze libovolně zaměnit pro přenosové rychlosti dat 9.6, 19.2 a 38.4 kBaud. Pro rychlost a 500 kBaud se dá použít jen RS422. [1]

Tab. 1 Technická specifikace snímače SICK LMS 291.

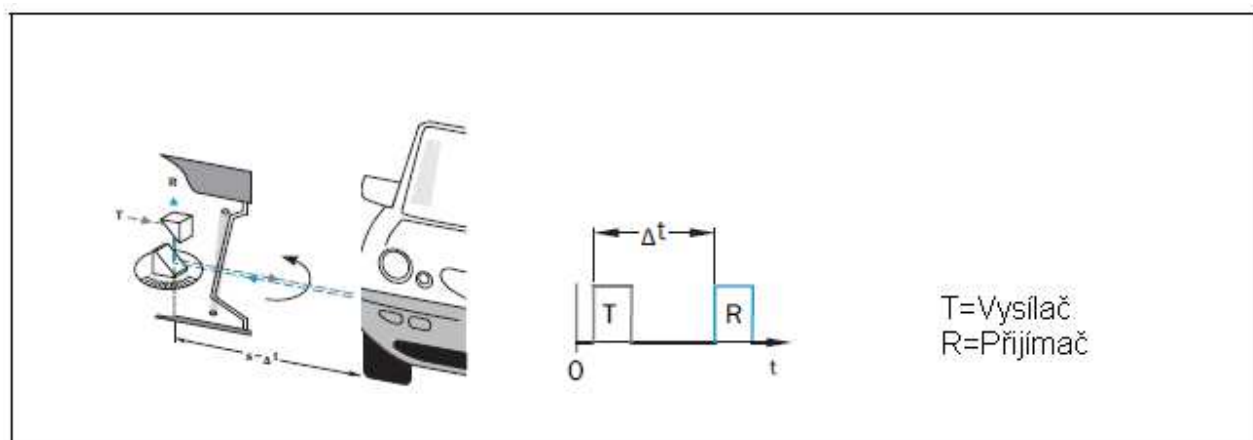
Typ:	LMS 291
Max. dosah (10% odrazivost)	80m/30m
Úhel zorného pole:	100°/180 °
Úhlové rozlišení:	0.25°/0.5°/1°
Doba odezvy:	13/ 26/53 ms
Skenovací frekvence	18.7/37.5/75 Hz
Rozlišení:	10 mm
Systematická chyba:	+/- 35 mm
Třída laseru:	Class 1
Krytí:	IP 65
Provozní teplota:	0 °C... +50 °C
Datové rozhraní:	RS 232, RS 422
Datová přenosová rychlost:	9,6 / 19,2 / 38,4 / 500 kBaud
Spínací výstupy:	3 x PNP
Napájecí napětí:	24 V DC +/- 15%
Příkon:	20W
Skladovací teplota:	-30 °C... +70 °C
Hmotnost:	4,5 kg
Rozměry (D x V x H):	156 x 155 x 210 mm



Obr. 1 SICK LMS 291 laserový dálkoměr

2.1 Skenování

Vysílač laserového měřicího skeneru emituje laserový impulz. Ten je vyslán a pokud narazí na nějakou překážku, tak se od ní odrazí. Odražený paprsek se vrací zpět a je přijat přijímačem. Doba letu paprsku od vyslání až po přijetí je přímo úměrná vzdálenosti skeneru a dané překážky.[1]

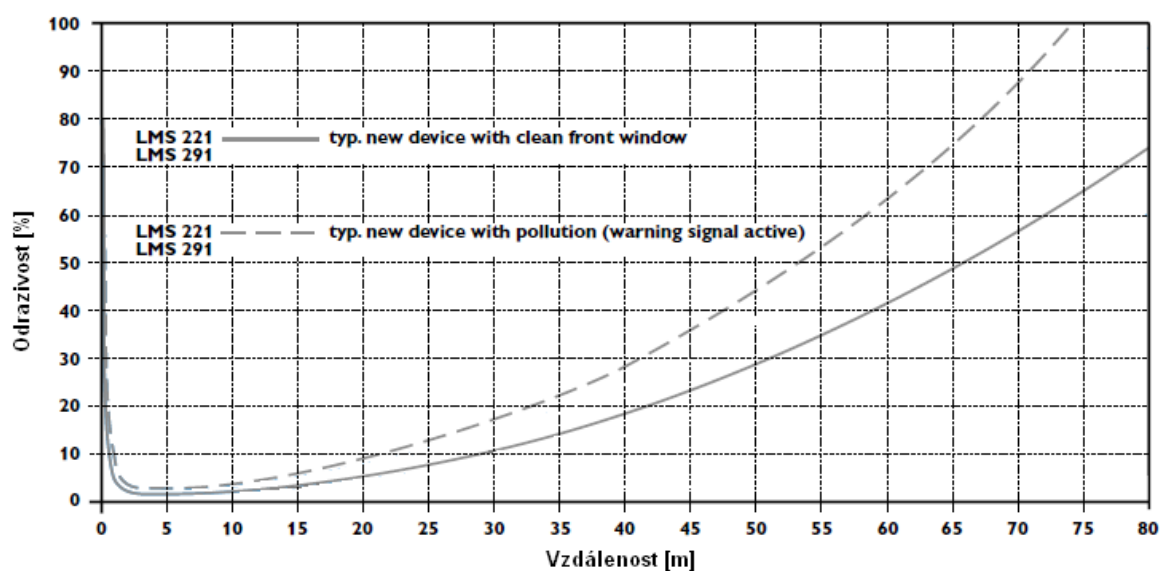


Obr. 2 Princip skenování (TOF- Time Of Flight) [1]

Aby se paprsek odrazil, musí mít překážka určitou odrazivost a být v dosahu skeneru. Jeho dosah je závislý na odrazivosti a udává se pro minimální odrazivost 10%. Odrazivost nejčastěji používaných materiálů můžeme vyčíst z tabulky Tab. 2. Čím je vzdálenost větší, tím vyšší odrazivost je požadována. Nepříznivě působícím vlivem je čistota čelního krytu, přes který prochází paprsek (Obr. 3). Proto je nutno kryt v rámci možnosti udržovat čistý. [1]

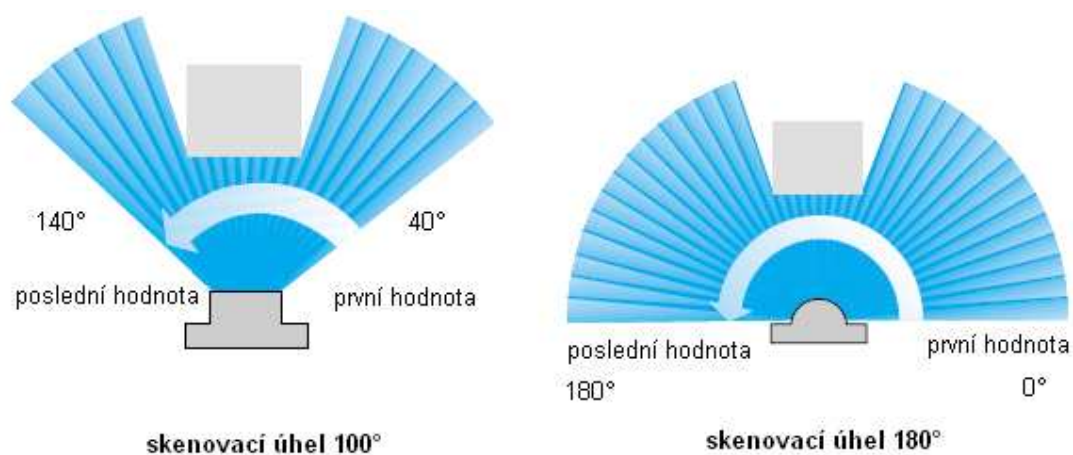
Tab. 2 KODAK standard

Materiál	Odrazivost [%]
Lepenka, matná černá	10
Lepenka, šedá	20
Dřevo (suché, špinavé)	40
PVC	50
Papír, matná bílá	80
Eloxovaný hliník	110...150
Rezavá ocel	120...150
Leštěná ocel	140...200
Reflektory	>2000



Obr. 3 Závislost vzdálenosti na odrazivosti

Úhlové rozlišení je možné nastavit na 1° , 0.5° a 0.25° . Podle nastavení rozlišení se mění odezva. S podrobnějším rozlišením roste doba odezvy. Pro 1° je odezva 13.33 ms, pro 0.5° je 26.66 ms a pro 0.25° 53.33 ms. Na nastavení úhlového rozlišení je závislý úhel zorného pole, který je 100° při rozlišení 0.25° nebo 180° při rozlišení 0.5° a 1° symetricky od středu (Obr. 4). Z tab. 3 vyplývá, že nejvíce naměřených hodnot získáme při nastavení úhlového rozlišení na 0.25° . [1]

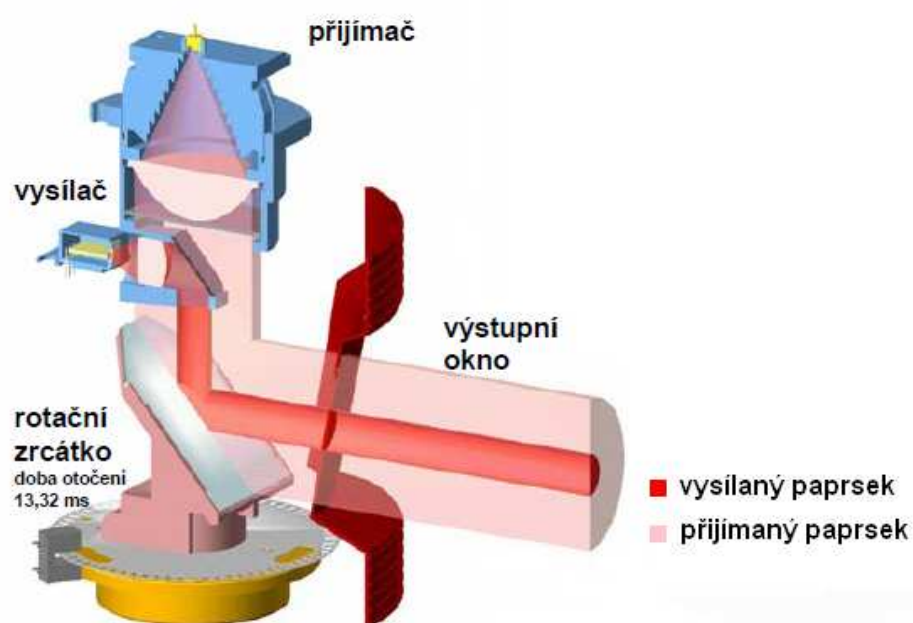


Obr. 4 Skenovací úhly

Tab. 3 Úhel zorného pole, rozlišení a naměřené hodnoty

úhlové rozlišení	skenovací úhel	max. počet naměřených hodnot
0.25°	100°	401
0.5°	180°	361
1°	180°	181

Pomocí vnitřního rotačního zrcátka je laserový impulz vychýlen (Obr. 5) a umožňuje tak skenovat okolí skeneru. Z posloupnosti odražených impulzů se určí obrys překážky. [1]



Obr. 5 Princip skenování

3 POHON, PŘEVODOVKA A SNÍMAČ POLOHY

Pro zajištění pohybu laserového dálkoměru SICK LMS 291 jsme vybírali vhodný a zároveň cenově dostupný motor a k němu převodovku s dostatečným převodovým poměrem. Kontrolu stavu laserového dálkoměru budou zajišťovat snímače polohy.

3.1 Pohon a převodovka

Původním pohonem byl modelářský servomechanismus HS-5745MG. Nevýhodou tohoto pohonu je například absence zpětné vazby. Momentem zvratu se rozumí síla potřebná k přemožení motoru. Pohon a převodovka byly zvoleny na základě porovnání s tímto modelářským servomechanismem (Tab. 4). Jako pohon byl vybrán komutátorový motor A-max 22 napájený 12V. Moment zvratu motoru je pouze 0.228 kg. cm. Při výběru převodovky byl brán ohled na dostatečný převodový poměr a na kompatibilitu s motorem. 4 stupňová planetová převodovka GP 22 C splňuje tyto podmínky. Převodový poměr 231:1 nám zaručuje dostatečně velký moment zvratu, který je téměř 3 krát větší, než u modelářského servomechanismu. Vůle převodovky bez zatížení je bohužel 2°. Tato vůle může nepříznivě ovlivnit měření a je ji potřeba vykompenzovat.[2]

Tab. 4

	A-max 22 + GP22C	HS-5745MG
Napájení [V]	12	6
Rychlost [ot/min]	10200	66
Moment zvratu [kg. cm]	52	18
Hmotnost [g]	135	161



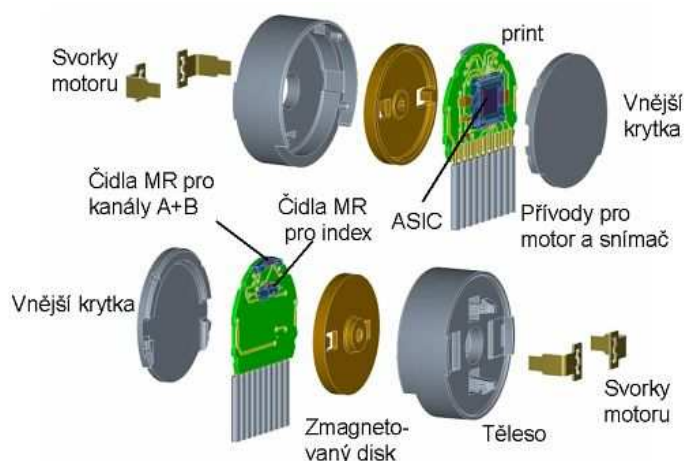
Obr. 6 Motor A-Max [2]



Obr. 7 Planetová převodovka [2]

3.2 Snímače polohy

Abychom mohli sledovat polohu motoru nebo dálkoměru, použili jsme snímače polohy. Při volbě snímače polohy jsme vybírali z několika možných variant. Jednou z nich, která je použita v našem případě, je připojení snímače přímo k převodovce. Použit je magnetický inkrementální snímač MR ENC Typ M (Obr. 8). Jedná se o dvou kanálový snímač dávající 512 impulsů na jednu otáčku. [2]



Obr. 8 Magnetický inkrementální snímač v řezu [2]

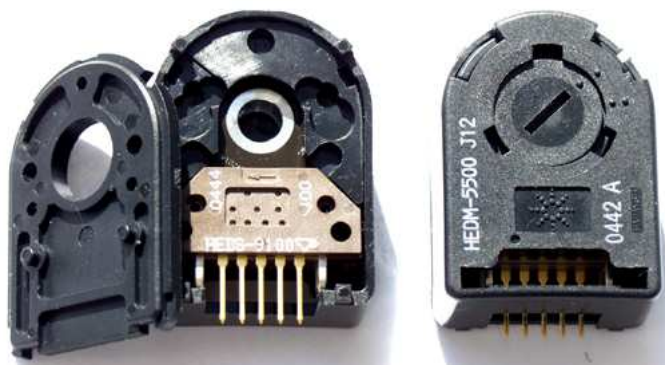
Další variantou je spojení snímače s hřídelí, která je přímo spojena s LMS 291. Tímto způsobem lze jednoduše eliminovat vůli převodovky. Takto můžeme snadno nahradit magnetický snímač MR ENC snímačem optickým. A to buď inkrementálním snímačem polohy RSI 503 (Obr. 9) nebo HEDM-5500 J14 (Obr 10).

Při použití RSI 503 je nutno vyrobit přírubu, pomocí které bude snímač připevněn ke konstrukci polohovacího mechanismu a spojku mezi hřídel snímače a hřídel spojenou s LMS 291. RSI 503 je optický inkrementální snímač s 2500 impulsy na otáčku. Ze zmíněných snímačů disponuje největšími rozměry a hmotností.



Obr. 9 Inkrementální snímač polohy RSI 503

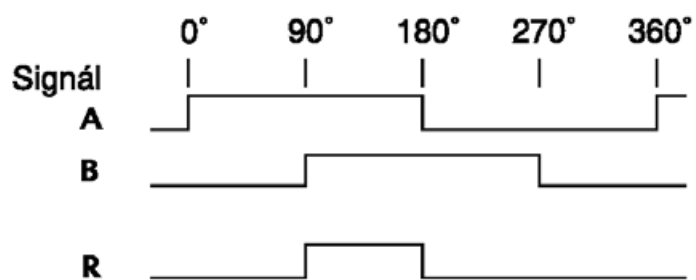
HEDM-5500 J14 dvou kanálový optický snímač dávající až 1024 impulsů za otáčku. Tento snímač je pro naši úlohu asi nejlepší variantou jak po stránce montáže, tak i po stránce cenové dostupnosti i jeho velikosti. Montáž se provádí přímo na hřídel, která musí mít průměr 5 mm. Aby se zabránilo otáčení snímače s převodovkou, je nutné prvně připevnit zadní krytku (Obr. 10 vlevo) ke konstrukci polohovacího mechanismu. [4]



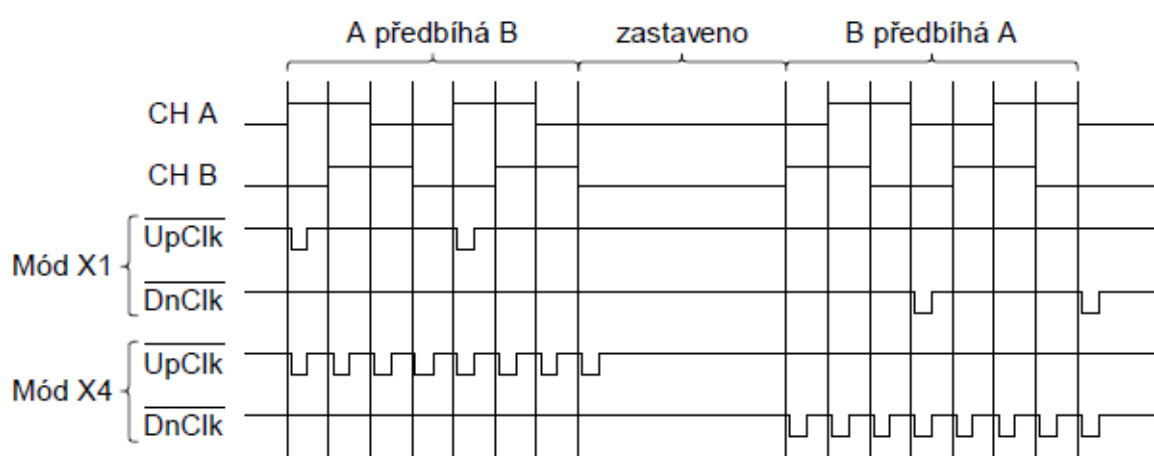
Obr. 10 Inkrementální rotační snímač polohy HEDM-5500 J14

3.2.1 Princip činnosti optického snímače

Ve snímači se umístěn kotouček, který má po svém obvodu otvory. Účelem tohoto kotouče je clonit světelnému paprsku. Zdrojem světla je dioda. Světlo, které projde přes kotouček je zachytáváno fotocitlivým prvkem. Otvory jsou po obvodu ve dvou řadách vzájemně posunutých o 90° (Obr. 11). Výstupem jsou dva signály. Směr otáčení se určí podle toho, který signál předbíhá ten druhý. Je-li potřeba zvýšit citlivost, nastaví se mód X4, tím se čtyřnásobně zvýší citovost (Obr. 12). [5]



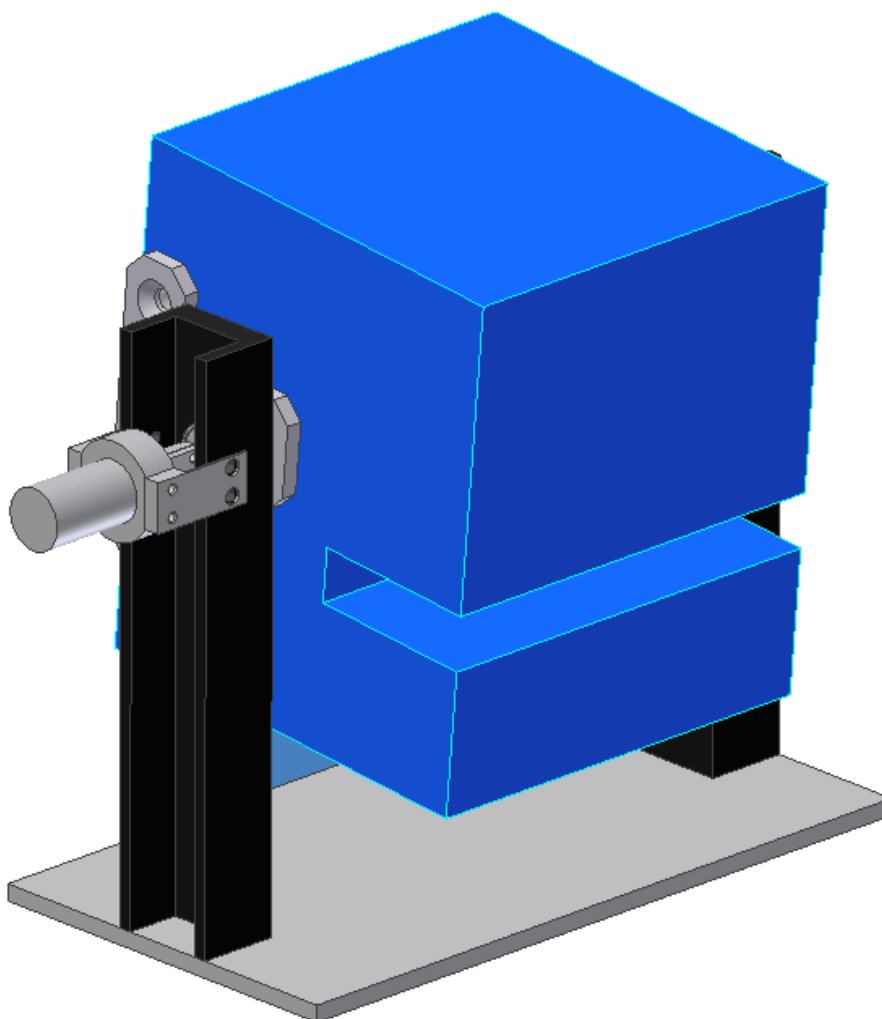
Obr. 11 Posun signálů [5]



Obr. 12 Průběhy výstupů IRC snímače [5]

4 Návrh a realizace polohovacího mechanismu

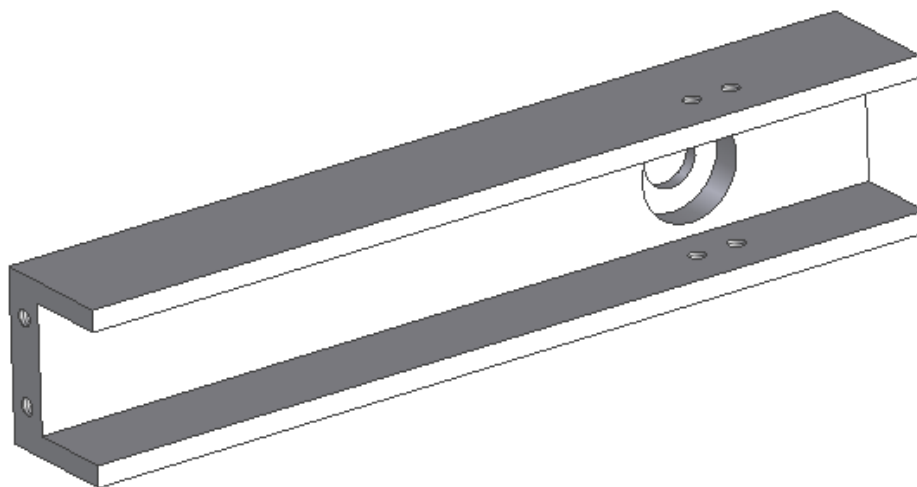
Při návrhu polohovacího mechanismu jsme vycházeli z konstrukčního řešení, které bylo již dříve zhotoveno. Ale z důvodu použití jiného pohonu a převodovky bylo nutno navrhnout díly, pomocí kterých budou ke konstrukci připevněny tak, aby byla zajištěna jejich bezproblémová funkce. Konstrukční návrh byl tvořen v programu Autodesk Inventor. Návrh mechanismu je na Obr. 13.



Obr. 13 Návrh polohovacího mechanismu

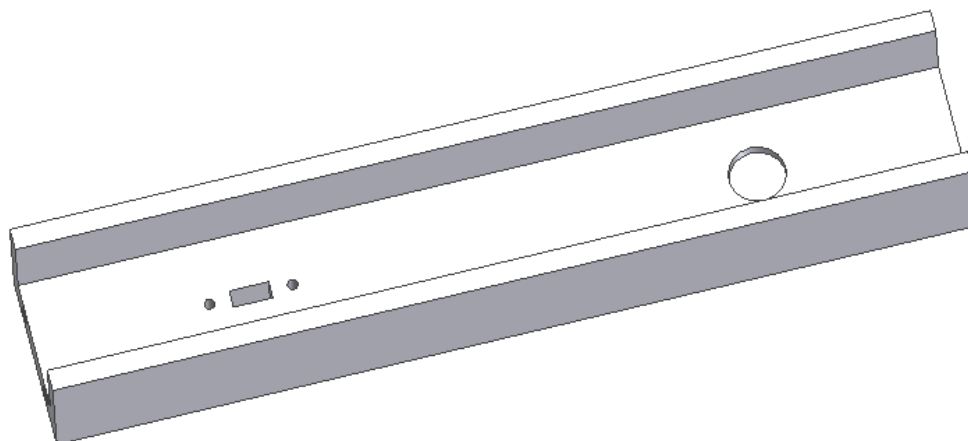
4.1 Návrh

Jako nosný základ jsme použili dva U-profily (Obr. 14 a 15), ve kterých jsou otvory pro ložiska a hřídele. Aby nevznikala při pohybu laserového dálkoměru axiální vůle, je jedno ložisko umístěné z vnitřní strany U-profilu a druhé z vnější strany U-profilu protějšší strany. Oba U-profily jsou připevněny kolmo k základové desce, každý dvěma šrouby.



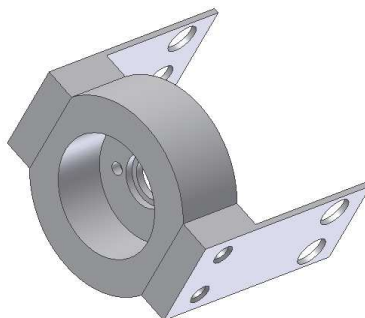
Obr. 14 U-profil

Profil na Obr. 15 má ve spodní části otvory pro optický senzor TCST2103, pomocí kterého se bude zjišťovat poloha dálkoměru po zapnutí.



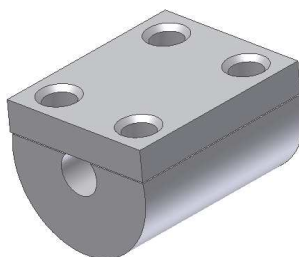
Obr. 15 U-profil

Vhodným řešením je uchycení pohonné jednotky k přírubě (Obr. 14), která je pomocí dvou úchytů přišroubována k U-profilu. Výhodou tohoto provedení je, že při případné výměně pohonu se příruba zamění za přírubu potřebného průměru, bez většího zásahu do konstrukce.



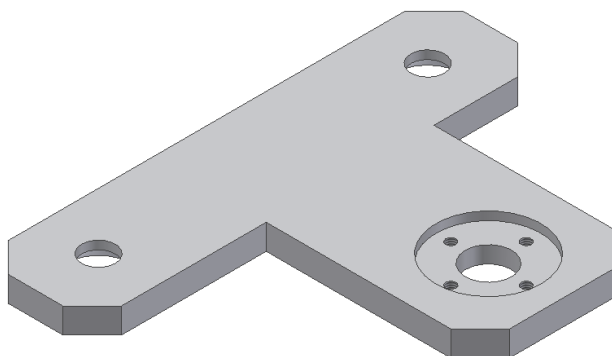
Obr. 16 Příruba

Hnací hřídel je s převodovkou spojena spojkou (Obr. 15). Tato spojka je určena pro hřídele s ploškou. Lze spojit i hřídele, které nebudou mít stejný průměr. Spojka se nasune na obě hřídele a za pomoci šroubů se dotáhne. Tímto způsobem je zajištěno, že hřídele budou v jedné ose a nebude tak docházet k vibracím nebo poškození ložiska v převodovce.



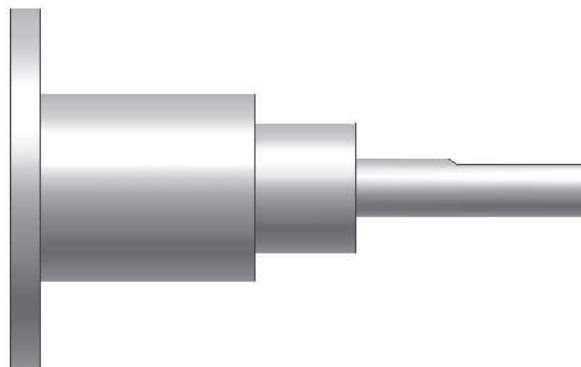
Obr. 17 Spojka

K LMS 291 jsou přišroubovány dvě bočnice (Obr. 16), každá spojená s hřídelí, hnací a hnanou. Bočnice jsou navrženy tak, aby při sestavení celého mechanismu byl laserový dálkoměr LMS 291 v těžišti. Toto řešení je výhodné z důvodu menšího namáhání převodovky a motoru.

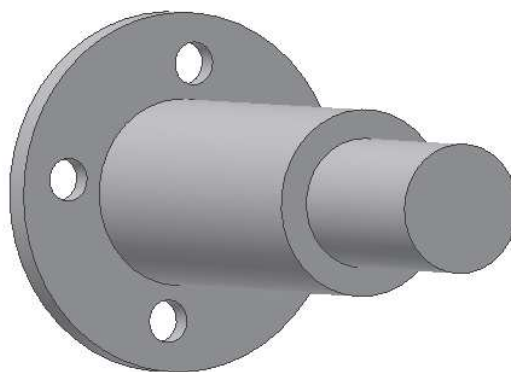


Obr. 18 Bočnice

Aby bylo možné pomocí spojky (Obr. 15) přenést krouticí moment z převodovky na hnací hřídel (Obr. 17), která je pevně spojena s bočnicí dálkoměru LMS 291, musí být na jejím konci ploška stejně, jako je tomu u převodovky oproti hřídeli hnané (Obr. 18).



Obr. 19 Hnací hřídel



Obr. 20 Hřídel hnaná

4.2 Realizace

Dle návrhu byly zhotoveny výkresy jednotlivých částí a ty se nechaly zhotovit. V místech předvrtaných pro šroubové spoje jsme vyřezali závity pro šrouby. K připevnění U-profilů k základové desce jsou použity čtyři šrouby M5. Ostatní spojení je šrouby M3. Po zkompletování mechanismu bylo třeba doladit některé nepřesnosti vzniklé při výrobě. V U-profilech (Obr. 13) jsou vsazena jednořadá kuličková ložiska 609. Pro zaručení polohy hnací hřídele a hřídele převodovky v jedné ose, se prvně přišroubovala příruba k převodovce. Dále se hřídele spojily spojkou a pak se vyvrtaly díry do U-profilu a úchyty příruby (Obr. 14) zároveň proto, aby nedošlo k jejich vzájemnému posunutí a tím vyosení hřídelí. Pro výrobu celého polohovacího mechanismu (Obr. 19, 20) byl použit materiál z duralu.



Obr. 21 Polohovací mechanismus



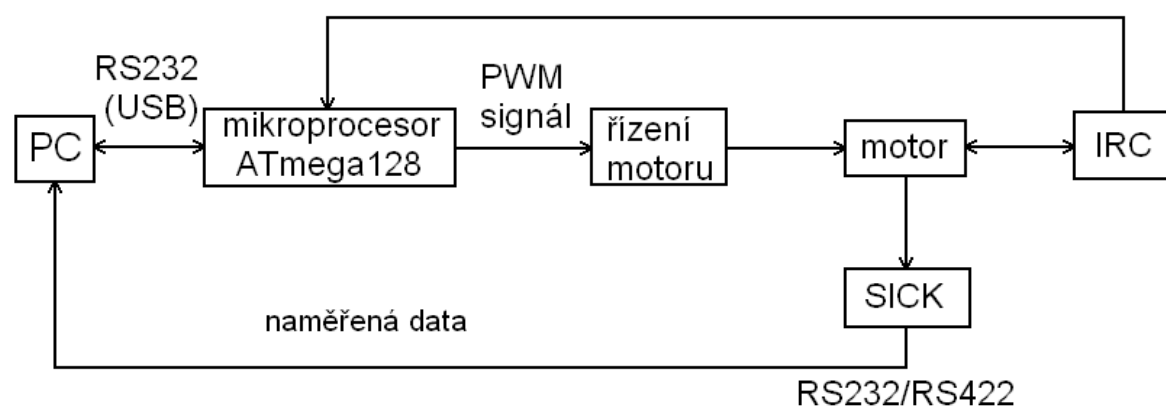
Obr. 22 Polohovací mechanismus

5 Návrh a realizace elektroniky

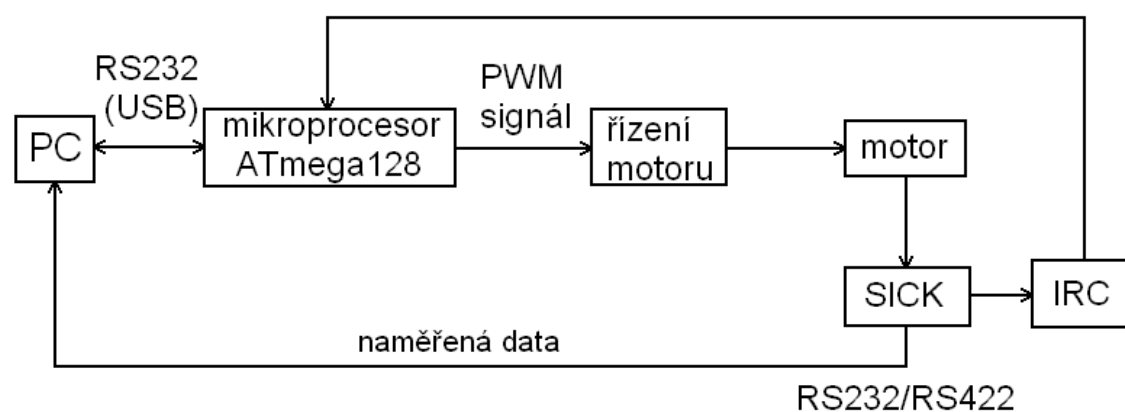
Aby bylo možné ovládat motor, musíme navrhnout vhodné schéma pro jeho řízení, následně je zrealizovat a vyzkoušet.

5.1 Návrh elektroniky

Při návrhu elektroniky lze uvažovat dvě řešení. Prvním z nich je připojení inkrementálního snímače k motoru (Obr. 23) a druhým je mechanické propojení s LMS 291 (Obr. 24).

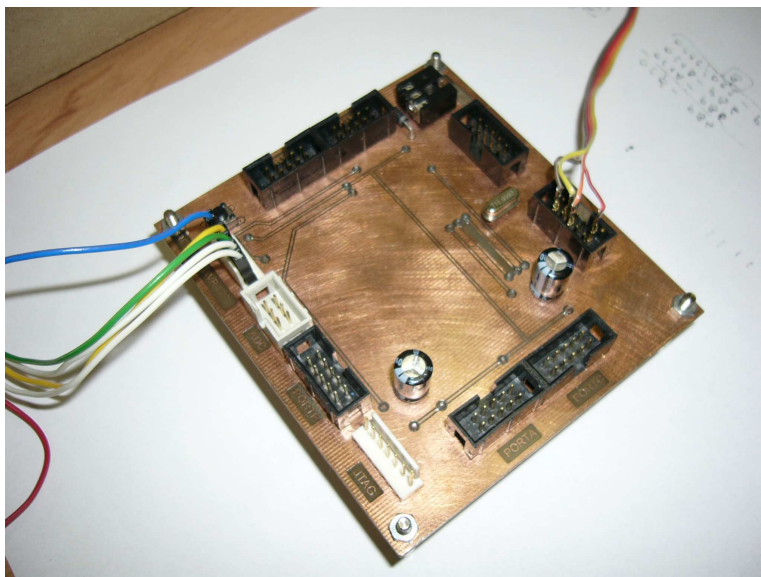


Obr. 23 Schéma 1



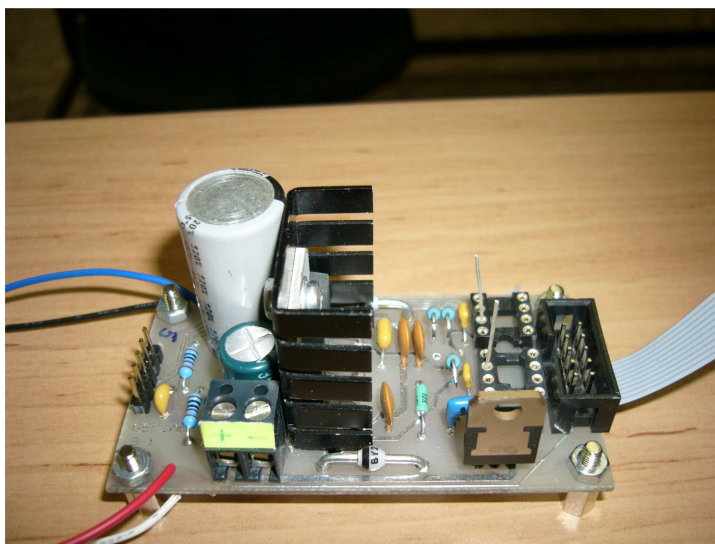
Obr. 24 Schéma 2

K počítači je pomocí USB nebo sériovým portem RS232 připojen mikrokontrolér ATmega128 (Obr. 25), kterým se bude ovládat řízení motoru. ATmega128 má 128 kB programové Flash paměti a lze ji programovat přímo v aplikaci. Dále ATmega128 disponuje modulací PWM. PWM (pulsně šířková modulace) modulace mění šířku nosného signálu a využívá se především k řízení elektromotorů.[3,6]



Obr. 25 Vývojová deska s ATmega128

Řízení motoru zajišťuje výkonový obvod L6203 (Obr. 26), který symetricky řídí otáčky stejnosměrných motorů.[6]

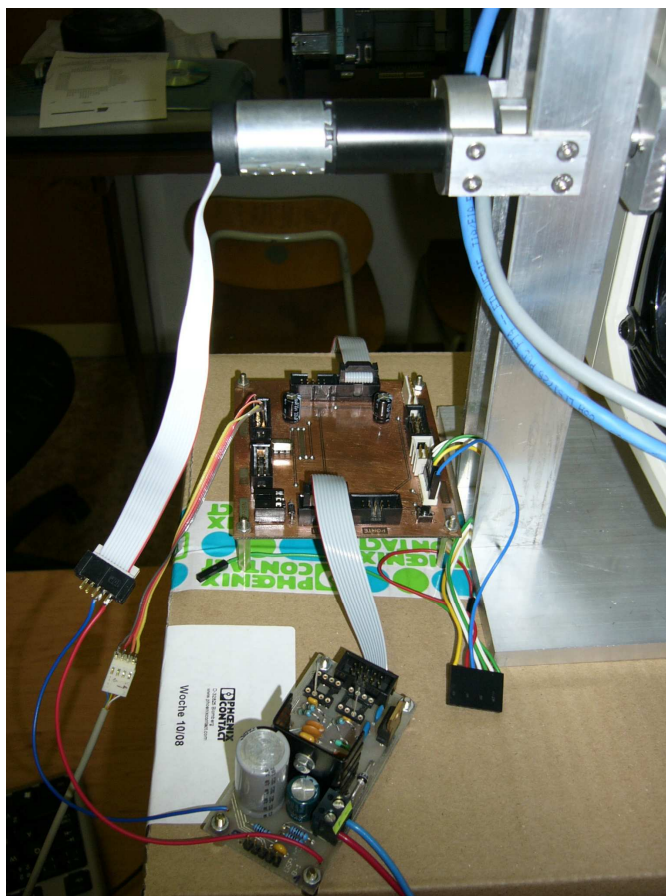


Obr. 26 Modul řízení motoru

L6203 ovládá motor, který pohybuje s LMS 291. Mikrokontrolér ATmega128 dostává informace o poloze dálkoměru LMS 291 nebo o stavu motoru, záleží na umístění snímače polohy na polohovacím mechanismu.

5.2 Realizace

Zapojení elektroniky jsme provedli podle schématu 1 (Obr. 23), kde snímač polohy je připojen přímo k motoru. Kompletní instalaci pro otestování můžeme vidět na Obr. 27.



Obr. 27 Elektroinstalace

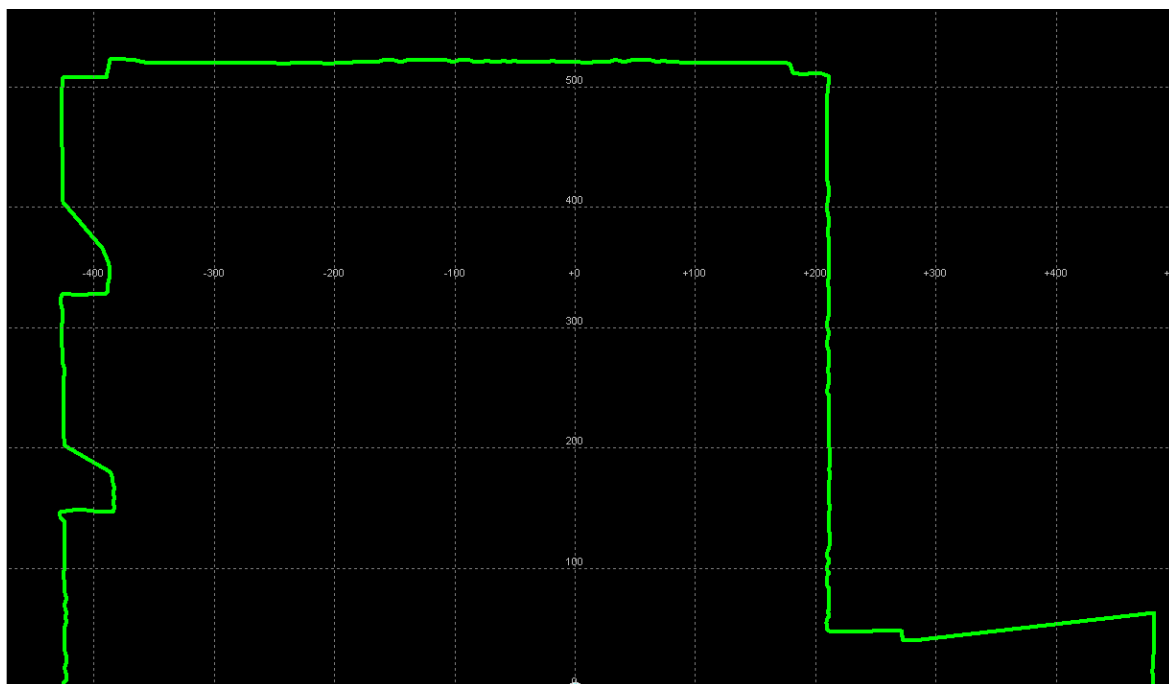
6 Ověření funkčnosti

Po připojení elektroniky k pohonné jednotce dálkoměru jsme ověřili její funkčnost. Dále jsme vyzkoušeli řízení rychlosti a směr otáčení motoru.

Provedeno bylo i zkušební skenování místnosti. Dálkoměr LMS 291 jsme umístili do zadní části místnosti. Skenování proběhlo pod úhlem 180° v jedné rovině. Rozložení učebny můžeme vidět na Obr. 28. Na snímku učebny (Obr. 29) dálkoměrem LMS 291 jsou jasně znatelné obrysy učebny.



Obr. 28 Učebna z pohledu LMS 291



Obr. 29 Skenování učebny

7 Závěr

V této práci jsem se seznámil s laserovým dálkoměrem SICK LMS 291. Zabýval jsem se návrhem polohovacího mechanismu pro tento dálkoměr, výběrem vhodné pohonné jednotky a elektroniky pro jeho ovládání. Po navržení se mechanismus nechal vyrobit. Zkompletoval se a za pomoci elektroniky uvedl do chodu.

Výhledově se tato práce může rozšířit o software pro zpracování a vyhodnocení naměřených údajů. Výstupem tohoto software bude 3D obraz prostoru před dálkoměrem.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SICK, Laser Measurement Sensors [online], 15th of December 2004
[cit. 2008-04-14]. Dostupné z: <http://mysick.com/saqqara/pdf.aspx?id=im0012759>
- [2] Maxon motor ag [online], 17th of November 2007 [cit. 2008-04-19].
Dostupné z: <http://www.maxonmotor.com/>
- [3] GM Electronic spol. s r.o. [online], 22.08.2006 [cit. 2008-05-03]
Dostupné z: <http://gme.sk/cz/index.php?page=product&detail=958-107>
- [4] Ing. Ján Grečner, Grecner [online], 20.07.2005 [cit. 2008-05-05]
Dostupné z: http://www.grecner.cz/astro/dsc/dsc1k_konstr/dsc1k_konstr.htm
- [5] ČVUT [online], 05.03.2004 [cit. 2008-05-10]
Dostupné z: <http://measure.feld.cvut.cz/groups/edu/sz2/pdf/IRC.pdf>
- [6] HW server s.r.o., [cit. 2008-05-10]
Dostupné z: <http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART406-Ovladac-stejnospomerneho-motoru-vyuzivajici-PWM.html>