

Určení vzdálenosti cíle hloubkoměrným principem se strukturovaným světlem

Object distance determination by rangefinder principle with
structured light

Bc. Tomáš Surýnek

Diplomová práce
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav automatizace a řídicí techniky
akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš SURÝNEK**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Automatické řízení a informatika**

Téma práce: **Určení vzdálenosti cíle hloubkoměrným principem se strukturovaným světlem.**

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor současného stavu ve vývoji senzorických systémů na určování vzdálenosti.
2. Sestavení a oživení mechanických a elektronických částí robotického systému pomocí modulů AI MOTOR-1001 na polohování laserového zářiče.
3. Oživení kamerového systému.
4. Zprovoznění komunikace pomocí sběrnice RS232.
5. Návrh algoritmů a ověření programového vybavení včetně uživatelského aplikačního manuálu pro řízení sestavy modulu AI Motor-1001 a kamerového systému.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. MEGAROBOTICS [online]. c2005, Dostupný z WWW
2. MEGAROBOTICS Co. MGR CA128 manual(english)Ver1.05 uživatelský manuál
3. MEGAROBOTICS Co. MGR K2017 assembly manual(Eng)0.2 uživatelský manuál
4. MEGAROBOTICS [online]. c2005, Dostupný z WWW
5. MEGAROBOTICS Co. MGR CA128 manual(english)Ver1.05 uživatelský manuál
6. MEGAROBOTICS Co. MGR-K2017 assembly_manual(Eng)0.2 uživatelský manuál
7. MEGAROBOTICS Co. AI MOTOR-1001 manual v1[1.02 english uživatelský manuál

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Milan Kvasnica, CSc.

Ústav elektrotechniky a měření

Datum zadání diplomové práce:

22. února 2008

Termín odevzdání diplomové práce:

6. června 2008

Ve Zlíně dne 22. února 2008

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem této práce je realizace a oživení dálkoměrné stanice pracující na hloubkoměrném triangulačního principu. Dále návrh jejího programového vybavení pro komunikaci a řízení v prostředí MATLAB. Práce je rozdělena do dvou částí teoretické a praktické. První je věnovaná rozboru moderních principů bezkontaktních metod pro měření vzdáleností a také stručnému popisu vnitřní elektroniky motorů AI-1001. V praktické části je pak vysvětlen použitý triangulační princip určování vzdálenosti, oživení kamerového systému, zprovoznění komunikace po RS-232, vyřešeno spínání laserového zářiče, vytvořena knihovna s nejdůležitějšími příkazy pro ovládání motorů, navržen skript pro určení pozice světelné stopy, vytvořeno grafické rozhraní ovládání celé stanice a na závěr provedeno sestavení modulu, vytvoření kalibrační lavice a sepsání aplikačního manuálu.

Klíčová slova: bezkontaktní měření vzdálenosti, motory AI-1001, MATLAB, RS-232, detekce laserové stopy

ABSTRACT

Diploma thesis deals with realization and activation of rangefinder module based on triangulation principle. Then deals with designing of user friendly interface in MATLAB for communication and control of the module. The thesis is divided into two parts. The theoretical one and the practical one. The first is focused on the analysis of modern contactless distance measure principles and brief description of electronics inside AI-1001 motors. In practical part, there is an explanation of triangulation principle used for the module. Activation of camera system, communication by RS-232 and laser switching have been made. Library with the most important commands for motors, script for laser trace detection and graphical users interface have been made. Finally the module and calibration desk was assembled and application manual have been written.

Keywords: touchless distance measurement, AI-1001 motors, MATLAB, RS-232, laser trace detection

Na tomto místě bych rád poděkoval Doc. Ing. Milanu Kvasnicovi, CSc. za ochotu, odborné vedení, vstřícnost a podporu, kterou mi poskytoval v průběhu mé diplomové práce. Dále pak své rodině za to, že mi umožnila studium na této vysoké škole a také všem lidem, kteří se jakkoliv zasloužili o realizaci této práce.

“Radost z uvažování a z chápání je nejkrásnějším darem přírody.,, - *Albert Einstein* -

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....

Tomáš Surýnek

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 SENZORICKÉ SYSTÉMY NA URČOVÁNÍ VZDÁLENOSTI	10
1.1 TRIANGULAČNÍ METODY	10
1.1.1 Aktivní triangulace	11
1.1.2 Pasivní triangulace	13
1.1.3 Měřicí systémy s teodolitem.....	16
1.1.4 Fokusovací techniky.....	17
1.2 METODY ZALOŽENÉ NA MĚŘENÍ DOBY LETU MODULOVANÉHO SVĚTLA	18
1.2.1 Metody optické interferometrie	19
1.2.1.1 Interferometrie pracující s více vlnovými délkami	21
1.2.1.2 Holografická interferometrie.....	21
1.2.1.3 Skvrnová interferometrie	22
1.2.1.4 Interferometrie s bílým světlem.....	22
2 ANALÝZA ELEKTRONICKÝCH ČÁSTÍ MOTORU AI-1001	23
2.1 ODKRYTOVÁNÍ MOTORU.....	23
2.2 HORNÍ STRANA DPS	24
2.2.1 Snímač natočení výstupní hřídele.....	25
2.2.2 Krystal	26
2.2.3 Elektrolytický kondenzátor	27
2.3 SPODNÍ STRANA DPS	28
2.3.1 DC motor WRF-130C	29
2.3.2 Integrovaný obvod FAN 8200.....	30
2.3.3 Integrovaný obvod LOUA.....	31
2.3.4 Mikropočítač ATMEGA 8L.....	32
2.4 ODHAD FUNKCE ELEKTRONIKY MOTORŮ AI-1001	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
3 VÝBĚR TRIANGULAČNÍHO PRINCIPU	34
3.1 POUŽITÝ TRIANGULAČNÍ PRINCIP.....	34
4 OŽIVENÍ KAMEROVÉHO SYSTÉMU	36
4.1 PŘÍSTUP Z MATLABU	36
5 ZPROVOZNĚNÍ KOMUNIKACE PO RS-232	38
5.1 VYTVOŘENÍ SÉRIOVÉHO OBJEKTU A KOMUNIKACE PŘES NĚJ.....	39
6 SPÍNÁNÍ LASEROVÉHO ZÁŘIČE	40
7 VYTVOŘENÍ INSTRUKČNÍ SADY PRO AI-1001 V MATLABU	41
8 DETEKCE SVĚTELNÉ STOPY LASERU	45

8.1	PRINCIP NAVRŽENÉHO ALGORITMU	45
8.2	SKRIPTY ALGORITMŮ PRO URČENÍ POZICE SVĚTELNÝCH STOP:	46
9	GRAFICKÉ ROZHRAŇÍ DÁLKOMĚRNÉ STANICE	49
9.1	STRUČNÉ SEZNÁMENÍ S OVLÁDACÍM PROGRAMEM	49
	ZÁVĚR	53
	CONCLUSION	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK.....	59
	SEZNAM PŘÍLOH.....	60

ÚVOD

Základní funkce řízeného automatizovaného systému je založena na principu zpětné vazby. Ta vychází z lidské schopnosti příjmu a vyhodnocení informací. Člověk dokáže přijímat informace pomocí smyslových orgánů. Po příjmu těchto informací, jsou informace odeslány do mozku, kde jsou zpracovány a na základě jejich zpracování je provedena příslušná akce. Lidský organismus má 5 základních smyslů. Jsou to chuť, čich, sluch, zrak a hmat. Pro člověka má v běžném životě největší informační hodnotu zrak. Proto je v současné době snaha o vytváření sensorických systémů pracujících na základě tzv. počítačového vidění. Základní myšlenkou počítačového vidění je zaměření oblasti zájmu a vytvoření hloubkoměrné mapy. Je zřejmé že přesnost takto řízeného systému je v neposlední řadě závislá na přesnosti sensorického systému zpětné vazby. Z toho důvodu je snaha o neustálé zlepšování metod pro určení vzdálenosti cíle. Systémy založené na tomto principu pak nacházejí uplatnění především v robotice, bezpečnostní technice a dnes už i v běžném životě. Jsou součástí fotoaparátů, kamer, kancelářské techniky a jiných zařízení.

Prvotním cílem této práce byla snaha o vytvoření funkčního sensorického systému pro měření vzdálenosti cíle. Úloha pak byla ještě rozšířena o kalibrační stanici, díky které se z práce dá udělat zajímavá úloha teorie řízení.



Obr. 1 Sestavený dálkoměrný modul umístěný na kalibrační stanici

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SENZORICKÉ SYSTÉMY NA URČOVÁNÍ VZDÁLENOSTI

Tato část práce je zaměřena na principy používaných systémů pro bezdotykové měření vzdálenosti. Bezkontaktní měření vzdálenosti se uplatňuje v technologiích jako je například skenování, navigace, řízení, lokalizace a další. Principy těchto měření se dají dělit podle různých kritérií. Podle vlnové délky na metody využívající ultrazvuk, mikrovlny, světlo ve spektru viditelném (a jemu blízkém) nebo gama, rentgenové a UV záření. Metody pracující ve viditelném spektru (a jemu blízkém) je dále možné rozdělit na aktivní a pasivní. Mezi aktivní metody patří měření pomocí triangulace a doby letu modulovaného paprsku (TOF). U těchto metod potřebujeme aktivní světelný zdroj. Mezi pasivní metody můžeme zahrnout zjišťování vzdálenosti ze známých ostřících vzdáleností (focusing), pasivní stereo-vidění a dále speciální metody jako fotogrammetrie a zjišťování tvaru z jejich stínů (shape from shading). Tyto metody většinou nepotřebují vlastní světelný zdroj, ale využívají okolní světlo.[1] Cílem následujících podkapitol je poskytnout stručný přehled o nejčastěji používaných technikách při optických formách měření. O tom, která metoda se v daném konkrétním případě použije, rozhoduje mnoho faktorů. Mezi nejdůležitější patří vzdálenost zkoumaného předmětu od sensorů, jeho rozměry a požadovaná přesnost měření. Důležité jsou také vlastnosti povrchu předmětu (nerovnost, drsnost, odrazivost světla), přístupnost k měřenému objektu a maximální možné rozměry měřicího systému (aby jej bylo možné umístit například na již fungující linku), vlastnosti okolních zdrojů světla (intenzita, spektrum, koherence). Podstatná je i možná doba měření či otázka, zda bude možné systém kalibrovat. Neméně významná je i finanční stránka realizace systému.[2] Následuje rozbor některých vybraných metod.

1.1 Triangulační metody

Triangulace je v současnosti nejpoužívanější technikou optického měření. Přesto, že se jednotlivé varianty zdají velmi odlišné, jsou založené na stejných principech. Rozlišujeme tyto nejdůležitější techniky: [2]

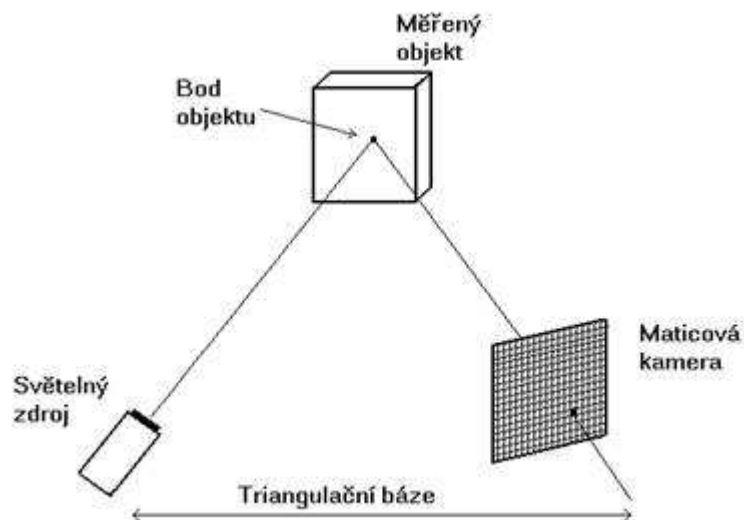
- aktivní triangulace
- pasivní triangulace
- měřicí systémy s teodolitem

- fokusovací techniky
- techniky "podoba ze stínování"

1.1.1 Aktivní triangulace

Techniky aktivní triangulace spočívají ve fotogrammetrické rekonstrukci snímaného objektu nasvícením jeho povrchu světelným zdrojem a současným snímáním CCD snímačem. [2]

Zdroj světla spolu se snímačem a osvětleným bodem na zkoumaném objektu tvoří tzv. triangulační trojúhelník (Obr. 2). Spojnici světelný zdroj - snímač nazýváme triangulační bází (základnou). Na straně zdroje je úhel svíraný s triangulační bází neměnný, kdežto na straně snímače je úhel určen proměnnou pozicí vysvíceného bodu CCD snímače. Z velikosti tohoto úhlu a na základě znalosti triangulační báze lze určit z -ovou souřadnici objektu. [2]



Obr. 2 Triangulační trojúhelník (1D triangulace) [2]

K označení povrchu se používá:

- světelný paprsek (1D triangulace)

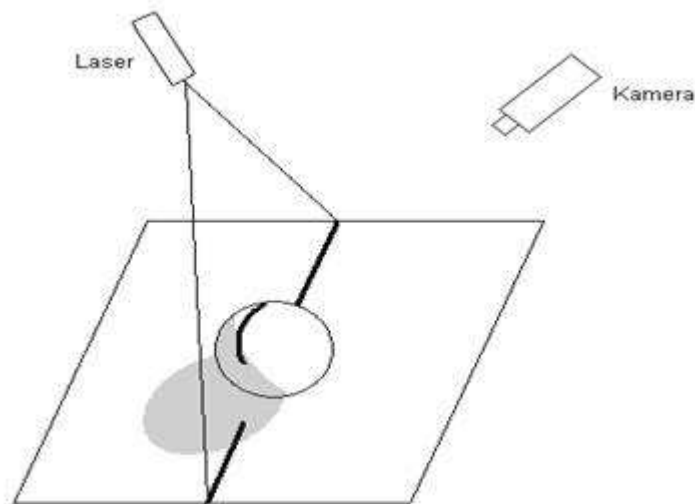
- světelný pruh (2D triangulace)
- strukturovaný světelný svazek (3D triangulace)

Jistou nevýhodou triangulačních metod je to, že díky konkavitám v měřeném objektu nemusí být promítaný bod, pruh či vzor vždy viditelný, a tedy nelze v tomto místě nic říci o povrchu objektu. Na (Obr. 3) je rovina proužku vytvořena laserem a scénu snímá kamera. Šedé plošky na obrázku znázorňují oblast, kterou kamera nevidí. Dolní část koule není zase osvětlena rovinou z laseru. Jisté problémy mohou činit také povrchy, které jsou téměř rovnoběžné s rovinou proužku. Tyto povrchy budou na snímku špatně zřetelné. [2]

Použijeme-li strukturovaný světelný svazek, je celý objekt označen najednou, což je velká výhoda oproti metodám 1D a 2D triangulace, kdy je třeba pracně a zdlouhavě skenovat scénu. [2]

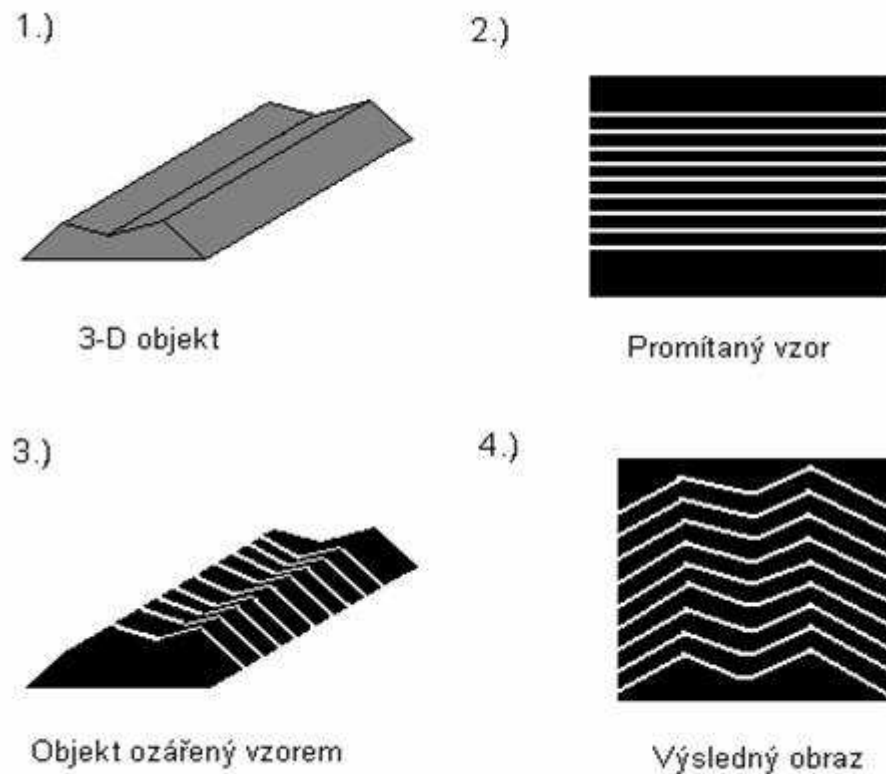
Mezi techniky založené na 3D triangulaci patří:

- technika moiré
- technika světelného vzoru
- technika barevného kódu
- technika fázového posuvu



Obr. 3 Problém viditelnosti u triangulačních metod (2D triangulace) [2]

Obr. 4 naznačuje jednu z možností 3D triangulace, kdy je na trojrozměrný objekt promítnut vzor (např. pruhy či mřížka). Podle deformací vzoru na objektu lze určit tvar objektu.



Obr. 4 Technika světelného vzoru (3D triangulace) [2]

1.1.2 Pasivní triangulace

Pasivní triangulační techniky zahrnují v podstatě různé formy digitální fotogrammetrie. "Pasivní" znamená, že není uvažováno geometrické uspořádání osvětlení. Používají se tyto základní metody: [2]

- více kamer se známou orientací
- více kamer se samokalibrací
- jedna kamera v různých polohách se samo-kalibrací

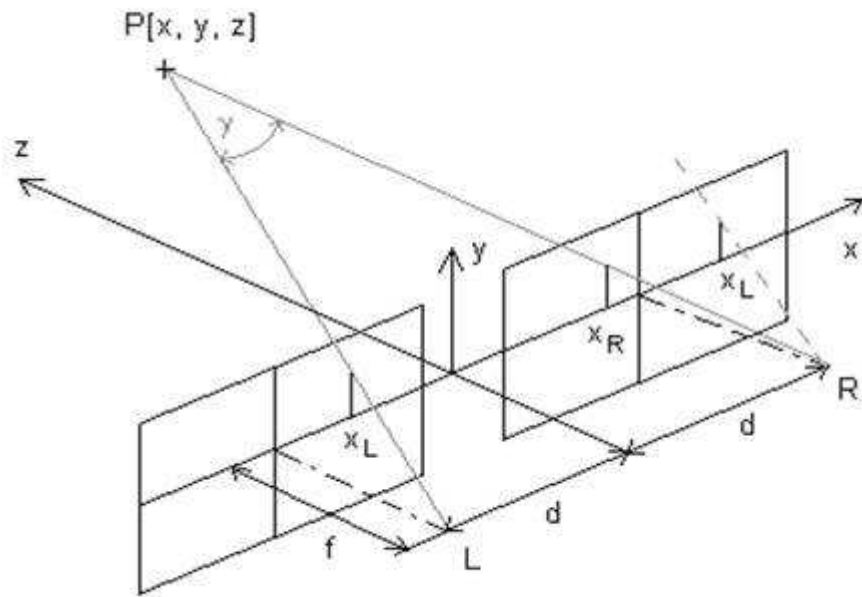
U dynamických systémů se často aplikuje více kamer a využívá se znalosti relativních poloh nebo samokalibrujících se metod. Pro statické scény se používá jedna kamera, která získá snímky ze dvou a více různých pohledů. [2]

U technik se samokalibrací nemusí být dopředu známa poloha kamery (kamer), ale přímo ze snímků (více pohledů jedné kamery nebo více kamer) je určeno relativní umístění kamery (kamer) vzhledem k měřenému objektu (scéně) či vzájemná poloha kamer. Pro tyto účely je vhodné vložit do scény kalibrační předmět (předmět známých rozměrů většinou doplněn o definovaný vzor). Tento předmět je pak třeba naleznout v jednotlivých snímcích a z natočení a změny měřítka předmětu jsou určeny všechny potřebné parametry pro měření. [2] Jednoduchou a často používanou technikou je stereovidění, což je speciální podskupina metod s více kamerami. [2]

Stereovidění

Lidské oko vytváří středový obraz pozorovaného předmětu na sítnici. Pokud pozorujeme předměty oběma očima, vidíme je prostorově nebo stereoskopicky. Je to dáno tím, že pravé a levé oko vytváří na sítnici vždy samostatný obraz. Tyto obrazy jsou odlišné. Sdružené zorné paprsky se protínají v příslušném bodě v prostoru. Techniky založené na stereovidění se snaží napodobit lidský zrakový systém. Místo očí používají dva snímače (CCD kamery) s rovnoběžnými optickými osami, jejichž vzájemná vzdálenost středů je asi 65 mm (přibližně stejná jako vzdálenost očí). Získají tak dva stereoskopické snímky. [2]

Stereoskopické snímky jsou dva perspektivní obrazy. Důležitý je úhel, který svírají oba sdružené paprsky, tzv. úhlová paralaxa (viz. úhel γ na Obr. 5). Bod P je měřený bod a body L a R jsou ohniska kamer. Pro body bližší pozorovateli je paralaxa větší než pro body vzdálenější. Aby se prostorové vidění náležitě uplatnilo, nesmí její velikost klesnout pod určité minimum. [2]



Obr. 5 Stereoskopické snímky [2]

Jestliže se nám podaří k bodu P ve snímku z levé kamery najít odpovídající bod v pravém snímku, lze souřadnice x, y, z bodu P určit podle vztahů: [2]

$$x = x_L \frac{2d}{x_L - x_p}, \quad y = y_L \frac{2d}{x_L - x_p}, \quad z = \frac{2df}{x_L - x_p} - f \quad (1, 2, 3)$$

kde $2d$ je vzdálenost mezi optickými osami kamer,

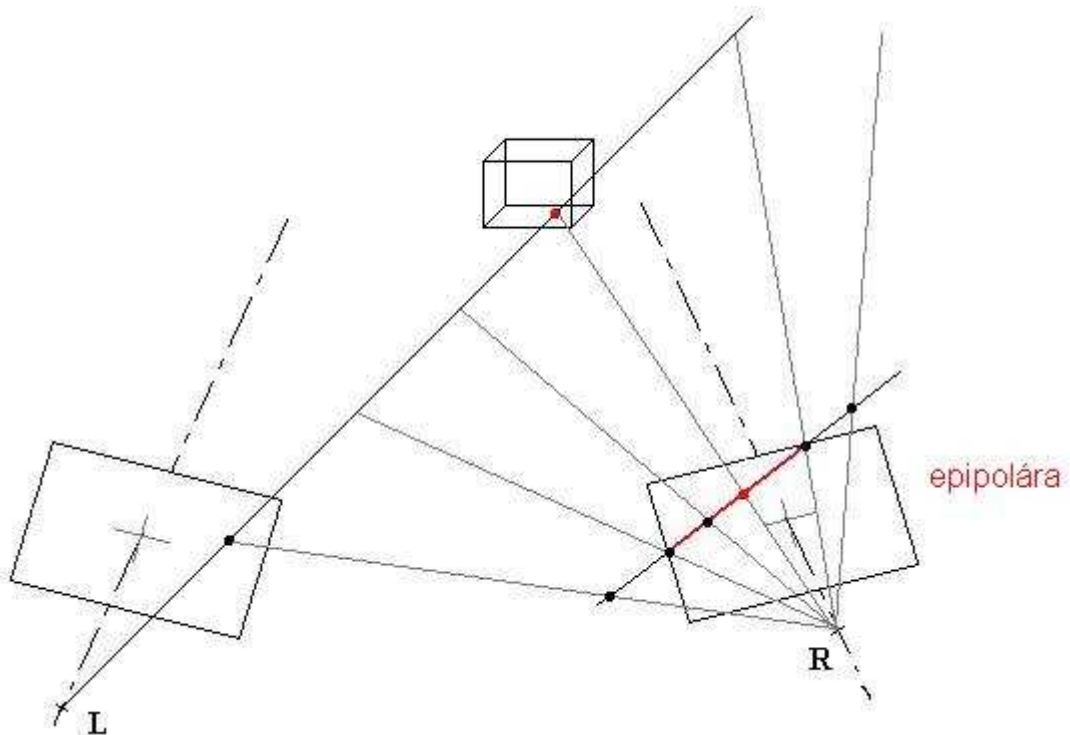
f je jejich ohnisková vzdálenost,

x_L a x_p jsou souřadnice řešeného bodu v obrazové rovině $z = 0$.

Rozdíl $x_L - x_p$ se označuje jako horizontální paralaxa.

Tyto vztahy platí pouze pro nejjednodušší případ, kdy jsou optické osy kamer rovnoběžné s osou z souřadnicového systému, ohnisková vzdálenost levé i pravé kamery je stejná a obrazové roviny obou kamer leží v rovině $z = 0$. Stereo-vidění však lze použít i v případech, kdy se nepodaří dodržet všechny dané požadavky. Pak je ale nutné převést tyto případy na nejjednodušší, a to pomocí korekčních vztahů. [2]

Korespondenční problém automatického nalezení bodu v obrazech levé i pravé kamery je zjednodušen tím, že odpovídající body musí ležet na epipoláře (epipolární linie Obr. 6). Je-li určitý bod nalezen na snímku z jedné kamery, leží stejný bod na druhé kameře na úsečce, která vznikne jako průmět myšlené spojnice "ohnisko kamery - nalezený bod ve snímku - označený bod na objektu - nekonečno" do obrazové roviny druhé kamery. Bod po bodu lze pak ze dvou daných sdružených stereoskopických snímků určit celý geometrický prostor. [2]

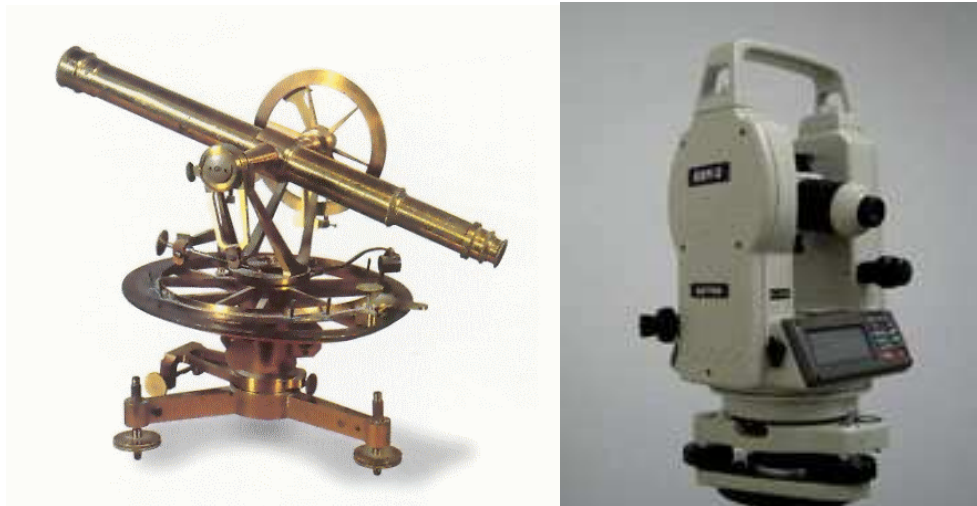


Obr. 6 Epipolární linie [2]

1.1.3 Měřicí systémy s teodolitem

Teodolit je nejpřesnější triangulační systém, který je schopný měřit s relativní chybou pod $5 \cdot 10^{-6} \%$. Vysoká přesnost je však splacena dlouhou dobou měření. Měřený předmět musí být zaostřen nejméně dvěma teodolity. Horizontální a vertikální úhly jsou měřeny elektronicky (rozlišení až 2,5") a 3D souřadnice jsou určeny z měřených úhlů a ze známých pozic teodolitů. Teodolity se používají pro přesná měření rozměrných objektů (stavebnictví, geodézie, atd.). Moderní systémy jsou vybaveny kvalitním dalekohledem,

elektronikou vyhodnocující měření a provádějící některé početní úkony, velkým přehledným displejem a jsou umístěny na oddělitelné trojnožce. Někdy je integrován 1D laserový radarový měřič vzdálenosti.[2] Srovnání historického teodolitu a moderního elektronického teodolitu je na (Obr. 7).



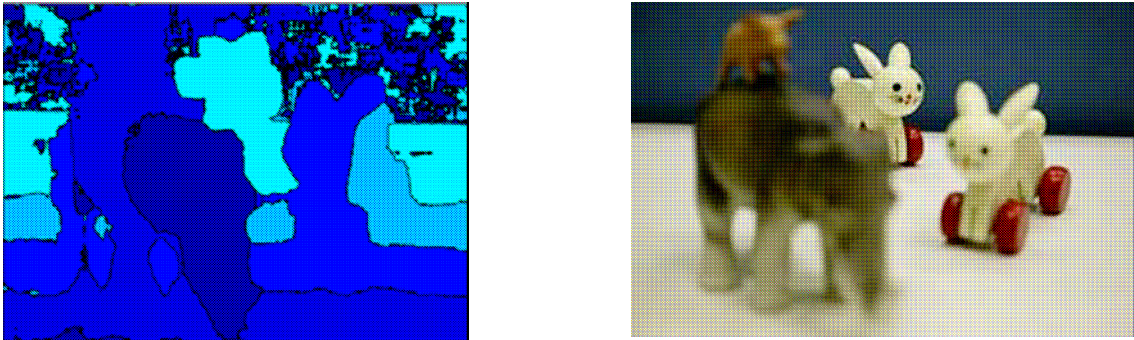
Obr. 7 Historický a moderní teodolit

1.1.4 Fokusovací techniky

Máme-li soubor snímků pořízených z různých, ale známých ostřících vzdáleností, pak každý snímek obsahuje ostré a rozostřené oblasti. Pokud je oblast zaostřená, znamená to, že ostřící vzdálenost, kterou jsme použili je správná a předmět je tak umístěn ve stejné vzdálenosti, jako je ostřící vzdálenost. Z celého souboru snímků tak lze poskládat hloubkovou mapu (Obr. 8). [1]

Pro nalezení kontrastní oblasti hledáme ve snímku vysoké frekvence (náhlé změny jasu, což jsou například hrany). Pro každý jednotlivý pixel snímku známe jeho intenzitu jasu a hledáme takové místo, kde se intenzita skokově mění. Snímek ze souboru se tedy zpracuje algoritmem využívajícím FFT (rychlou Fourierovou transformaci), který ve snímku vyhledá vysoké frekvence. Požadavkem, abychom byli při zpracování úspěšní, jsou dobré světelné podmínky a snímek musí obsahovat dostatek detailů pro určení kontrastu.

Tato metoda pro mobilní zařízení nevyhovuje především rychlostí zpracování a váhou aparátu pro měření. [1]



Obr. 8 Snímek pro zvětšující se ostríci vzdálenost a výsledná hloubková mapa [1]

1.2 Metody založené na měření doby letu modulovaného světla

Vzdálenost bodu objektu, resp. jeho z -ovou souřadnici, lze jednoduše stanovit z doby letu t světelného paprsku od jeho vyslání senzorem, odražení od objektu až po jeho opětovné zachycení senzorem, a to podle vztahu: [2]

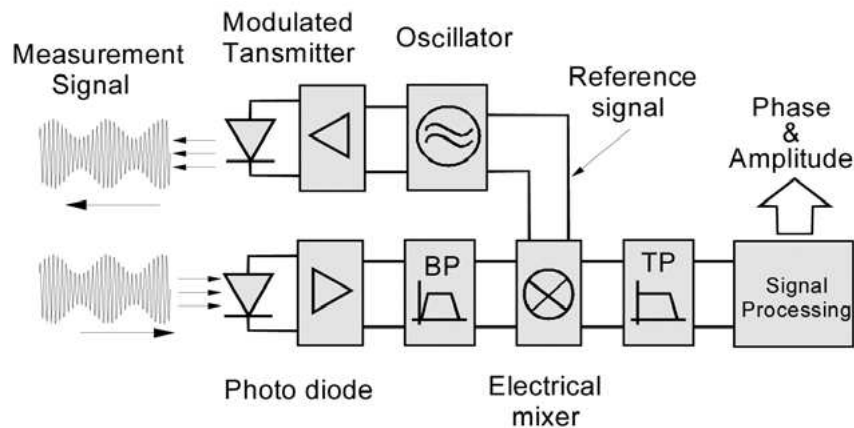
$$z = c \frac{t}{2} \quad (4)$$

Tento vztah je platný jak pro techniky měření doby letu, tak pro interferometrické měření vzdálenosti. V prvním případě je však měřena doba letu modulovaného optického signálu, který představuje skupinovou rychlost. Obvykle se toto provádí korelací s vhodným referenčním signálem. Rozlišujeme tyto druhy modulace signálů: [2]

- pulsní
- pseudonáhodná
- spojitá

Nevýhodou těchto metod je skutečnost, že rychlost světla c je extrémně vysoká ($300 \cdot 10^6$ m/s), z čehož vyplývají velké nároky na přesnost měřicího zařízení. [2] Tento způsob je

velice jednoduchý, ale abychom nemuseli konstruovat zařízení měřící časové intervaly v řádech pikosekund, používá se pro měření jiné veličiny. Ta je také spjatá s časem. Je to změna fáze. Tuto veličinu umíme s dostatečnou přesností měřit. Obvykle se toto provádí korelací s vhodným referenčním signálem (Obr. 9). [1]



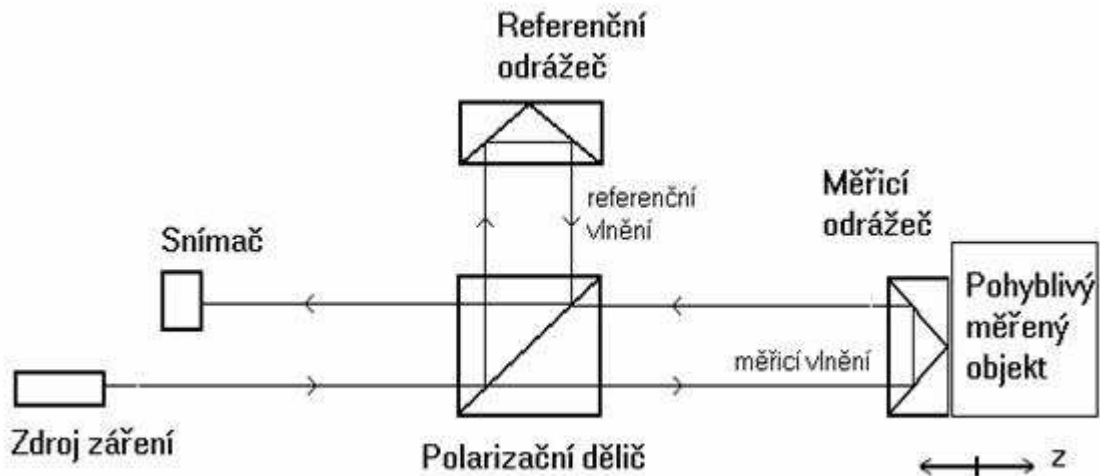
Obr. 9 Princip (TOF) využívající fotodiody na straně přijímače [1]

Ačkoliv metody založené na modulaci i na interferometrii vycházejí ze stejného principu - měření doby letu, používají se metody pracující s modulací pouze u aplikací s menšími nároky na rozlišení a přesnost (řádově přesnost v centimetrech). Interferometrické techniky lze aplikovat v širokém rozsahu i u měření s nanometrickou přesností. Je to především kvůli tomu, že běžný měřicí přístroj založený na měření doby letu modulovaného světla je složen, vedle optické části, také z vysokofrekvenční elektronické části, která přináší značná časová zpoždění a chyby ještě dříve, než je signál mixován a korelován. Pak je nutné zařadit časově náročnou mechanickou kalibraci nebo kompenzovat chyby dalším referenčním kanálem. U interferometrických měření je prováděno mixování, korelace i srovnání s referenčním kanálem přímo ve fotodetektoru prakticky bez chyb a zpoždění. [2]

1.2.1 Metody optické interferometrie

Jedná se o metody, jejichž princip je založen na měření doby letu koherentního záření. Jak ukazuje Obr. 10 je vlnění rozděleno na měřicí (signálové, předmětové) a referenční. [2]

Spojí-li se vlna rozptýlená od předmětu s referenční vlnou, mohou spolu interferovat [5]. Vznikne tak vlnění, jehož celková intenzita (je-li vlna předmětová dána jako $|I_1(x, y)|\cos(j_1(x, y))$ a vlna referenční jako $|I_2(x, y)|\cos(j_2(x, y))$, kde x a y jsou



Obr. 10 Blokové schéma interferometru [2]

prostorové souřadnice v rovině interference) je dána tzv. interferenční rovnicí: [2]

$$I(x, y) = |I_1(x, y)|^2 + |I_2(x, y)|^2 + 2|I_1(x, y)||I_2(x, y)|\cos(j_1(x, y) - j_2(x, y)) \quad (5)$$

Tímto způsobem je možné zaznamenat informaci nejen o amplitudě vlny, ale i o její fázi resp. fázovém rozdílu (ačkoli záznamové prostředky dokážou reagovat pouze na intenzitu světla a není tedy možné fázi vlny zaznamenat přímo). Protože je měřen fázový rozdíl, neumožňuje metoda měřit absolutní vzdálenost zkoumaných bodů. Jednoznačné určení vzdálenosti objektu můžeme získat jen ve velmi úzkém rozsahu závislém na vlnové délce použitého světla (v rozsahu poloviny λ). Nejčastěji se používají interferometry Michelsonův, Sagnacův, Fabry-Peretův, Mach-Zehnderův aj., jenž se liší především ve způsobu rozdělení vlnění na měřené a referenční a podle celkového uspořádání jednotlivých opticko-mechanických prvků. [2]

Nejvýznamnější principy založené na základech optické interferometrie jsou:

- interferometrie pracující s více vlnovými délkami
- holografická interferometrie
- skvrnová interferometrie
- interferometrie s bílým světlem

1.2.1.1 Interferometrie pracující s více vlnovými délkami

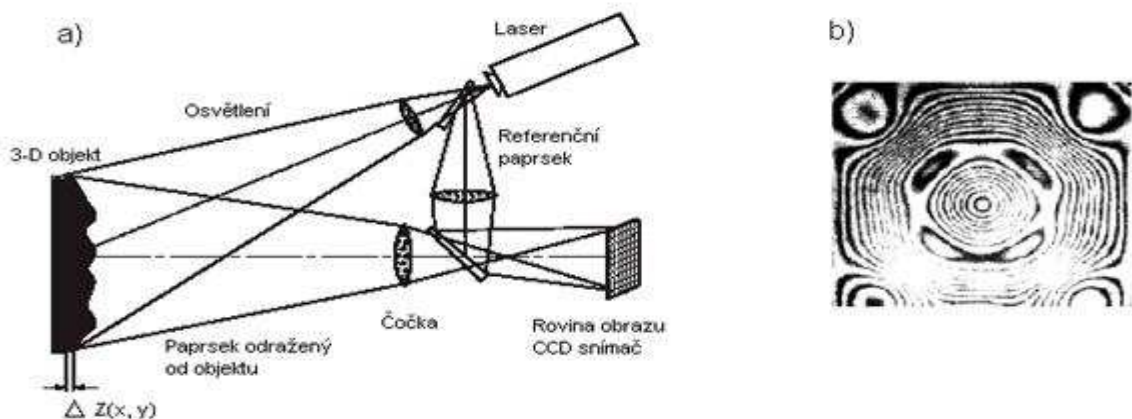
Tato technika pracuje se synteticky vytvořenými frekvencemi (v rozsahu mega-gigahertzů) vzniklých superpozicí dvou velmi podobných vlnových délek. Takto generované frekvence přímo určují rozsah, ve kterém lze vzdálenosti měřit bez nejednoznačností. Za ideálních podmínek je možné měřit absolutní vzdálenost přes několik desítek metrů s rozlišením v nanometrech. [2]

1.2.1.2 Holografická interferometrie

Holografická interferometrie je technika, která umožňuje měřit povrchové deformace 3D objektů, např. po tepelném nebo mechanickém namáhání, vibrace, malé posuvy objektů, atd. a to s přesností až ve zlomcích vlnové délky použitého laserového světla. Technika je založená na principu interference, rozdíl je však v tom, že tentokrát spolu interferují světelné vlnění pocházející ze dvou různých stavů objektu (např. před a po mechanickém zatížení). Holografická interference tedy porovnává dvě vlny, které původně neexistovaly ve stejném čase (je dvoukroková). Nejdříve je pořízen hologram původního objektu, kdy referenční vlna potřebná pro záznam hologramu nemá přímý vliv na výslednou informaci a může tedy mít libovolnou prostorovou strukturu. Poté je objekt vystaven měřenému namáhání (dojde ke změně fáze). Původní hologram je pak promítnut na deformovaný předmět (přeložení obou obrazů) a tam, kde došlo ke změně, objeví se interferenční struktura. Výsledný interferogram tedy charakterizuje vzniklé namáhání. [2]

1.2.1.3 Skvrnová interferometrie

Skvrny jsou generovány v případě, že koherentní světlo je odraženo od hrubého, nerovného povrchu. Odražené vlnoplochy interferují se všemi dalšími na povrchu detektoru a vytváří tak skvrnitý vzor, který je charakteristický pro drsné povrchové elementy. Jakmile přijde další referenční paprsek, vytvoří se nový vzor, který je přiložen k prvnímu. Vznikne tak skvrnový interferogram. [2]



Obr. 11 Skvrnová interferometrie: a) typické uspořádání, b) rozdílový interferogram [2]

Potom, co je objekt zdeformován, je vytvořen druhý interferogram. Odečtením tohoto interferogramu od původního obdržíme rozdílový interferogram (Obr. 11b). Vzdálenost mezi proužky koresponduje s relativní vzdáleností objektu. Typické uspořádání takto pracujícího interferometru je zakresleno na (Obr. 11a). [2]

1.2.1.4 Interferometrie s bílým světlem

Tato technika je založená na měření doby letu, proto umožňuje (oproti fokusovacím technikám, kterým se na první pohled podobá) měření s malou aperturou, což přináší možnost měření hloubky velmi úzkých děr a vrtů. Dobré výsledky lze získat u zdrojů světla s velkou šířkou pásma, u kterých se dosahuje silného interferenčního efektu (prudké výkyvy signálu se změnou hloubky). Velkou výhodou této metody je možnost měření i na drsných, nerovných površích, což je velký rozdíl oproti klasické interferometrii a činí metodu zajímavou pro použití v průmyslu. [2]

2 ANALÝZA ELEKTRONICKÝCH ČÁSTÍ MOTORU AI-1001

Vzhledem k faktu, že převážná většina praktické části diplomové práce je zaměřena na oblast informatiky a programování, zdálo se mi, že by bylo vhodné zaměřit se také teoreticky na elektronickou část této práce. A to konkrétně na analýzu vnitřní elektroniky motorů pro polohování měřicího systému. Při pohledu na jednotku motoru AI-1001 (Obr. 12) se zřejmě již spousta uživatelů zamyslela nad otázkou jak tento celek pracuje. Použití těchto robotů je hlavně v robotice k přesnému nastavení polohy částí robotického systému. Z toho je zřejmé, že zde musí hrát velkou roli prvky zabezpečující regulaci. Z důvodu nenalezení podrobnějších materiálů o bližší funkci motorů AI-1001 se v následujících podkapitolách budu snažit, na základě vytvořené fotodokumentace a materiálů dostupných z internetu, odhadnout přibližnou funkci elektronických částí těchto motorů.

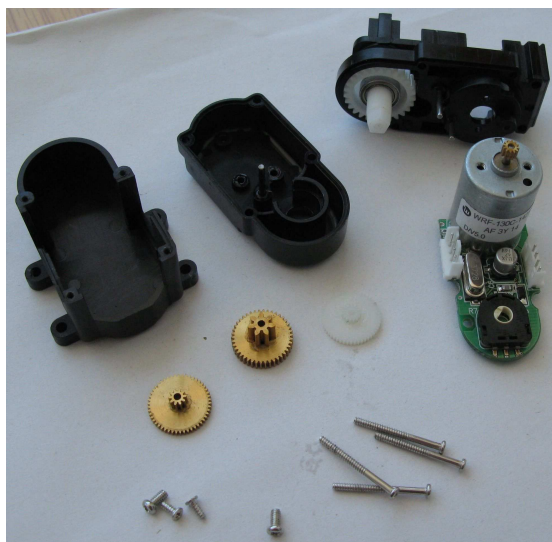


Obr. 12 Motor AI-1001 [3]

2.1 Odkrytování motoru

Na Obr. 13 je vidět motor po odkrytování. Z tohoto obrázku se dá vyčíst hned několik věcí. Je patrné, že veškerá elektronika včetně motoru je umístěna na desce s plošnými spoji. Také je zde vidět rozložené převodové ústrojí a na první pohled nějaká součástka připomínající potenciometrický trimr, do které je zasazen druhý konec hřídele motoru a z toho vyplývající snímání hodnoty polohy. Ozubené kolo upevněné na motoru má několika násobně menší počet zubů než kola ostatní, z čehož vyplývá finální zpřevodování otáček do pomala. To má také svůj důvod. Tímto uspořádáním je možné částečně

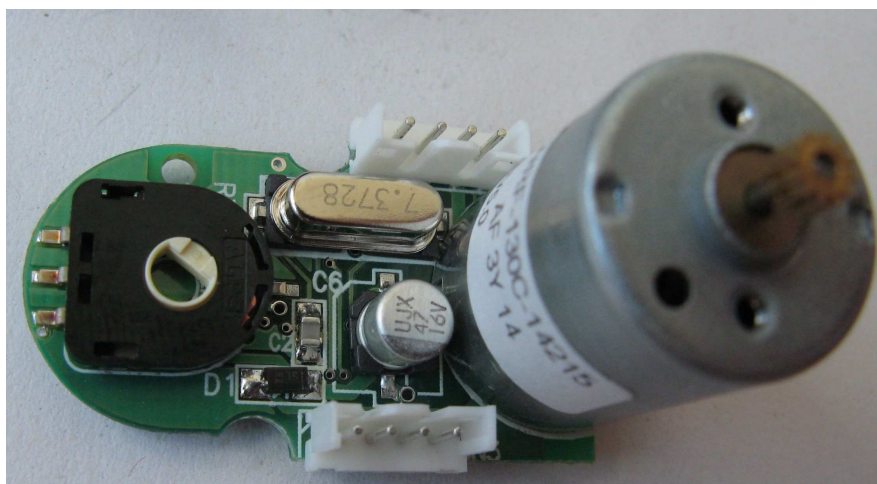
kompensovat relativně nevhodné nastavení regulace polohy hřídele motoru. Protože přeregulování natočení hřídele motoru např. o jednu otáčku se na výstupu projeví snížením přeregulování žádané polohy o velikost úměrnou poměru tohoto převodu. Dále to umožňuje větší odolnost proti vnějším silám působícím ve směru otáčení hřídele a tím preciznější stabilizaci žádané polohy.



Obr. 13 Jednotka AI-1001 po odkrytování

2.2 Horní strana DPS

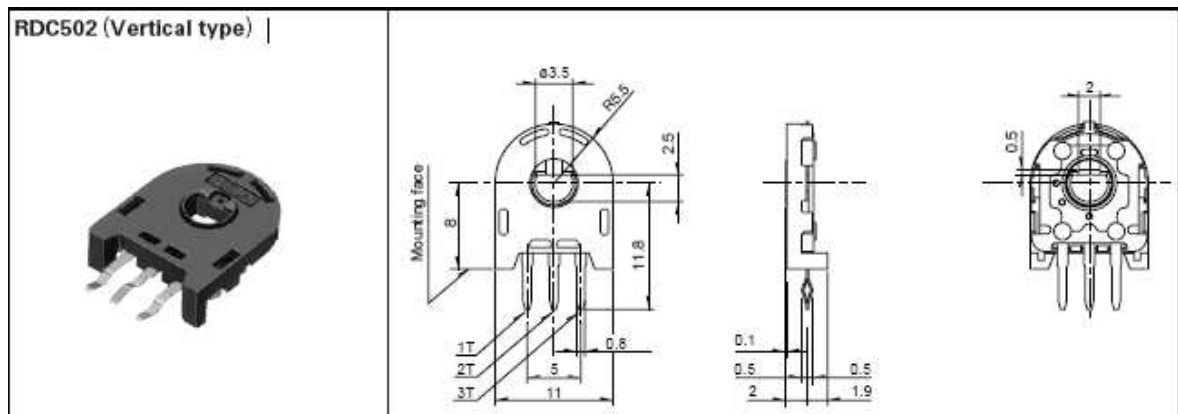
Při bližším ohledání desky s plošnými spoji (DPS) bylo zjištěno, že deska je oboustranná a obsahuje několik prokovovaných otvorů, které spojují obě strany a tím tvoří uzavřený okruh. Nejprve byla analyzována horní strana DPS (Obr. 14).



Obr. 14 Pohled na horní stranu DPS AI-1001

2.2.1 Snímač natočení výstupní hřídele

Bylo zjištěno, že snímání polohy hřídele je zabezpečeno SMD lineárním, potenciometrickým, víceotáčkovým, vysoce přesným snímačem polohy s velkou odolností na změny teploty. Použitý snímač je ve vertikálním provedení a vyrábí ho firma ALPS. Tyto snímače mají výstup v analogových hodnotách, proto se dá předpokládat přítomnost A/D převodníku ve zkoumaném obvodu. Tento snímač má hlavní využití v senzorech snímání otáček u klimatizací v autech, u digitálních fotoaparátů a kamer, k určování úhlu natočení hřídele v robotických systémech, aj.



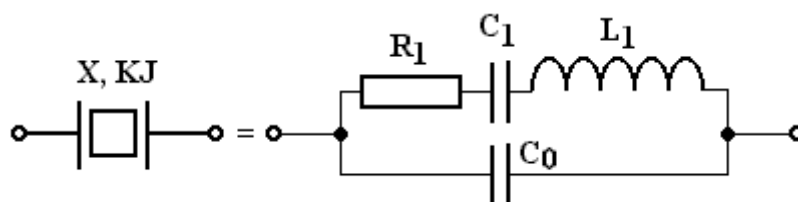
Obr. 15 Náhled a konstrukční uspořádání snímače RDC502 [4]

Parametry	Hodnoty
jmenovité napětí	5 V DC
točivý moment	2 mN*m max
životnost	1000000 cyklů
celkový odpor	10 k Ω
tolerance	30%

Tab. 1 Základní parametry snímače RDC502

2.2.2 Krystal

Další součástí, zřetelně označenou 7.3728 je piezoelektrický krystal. Tato součástka se v běžných zapojeních nepoužívá tak často jako jiné, proto je jí věnováno o něco více textu. Používá se jako základní prvek v oscilátorech řízených krystalem. Základ tvoří destička z křemene, která je opatřena vývody na protilehlých stranách. Rozměry krystalu jsou určeny tak, aby se mechanická rezonanční frekvence skládala z dílčích frekvencí elektrických kmitů které má oscilátor generovat. Na Obr. 16 je uvedena schématická značka krystalu a jeho ekvivalentní RLC zapojení.



Obr. 16 Schématická značka a náhradní RLC schéma krystalu

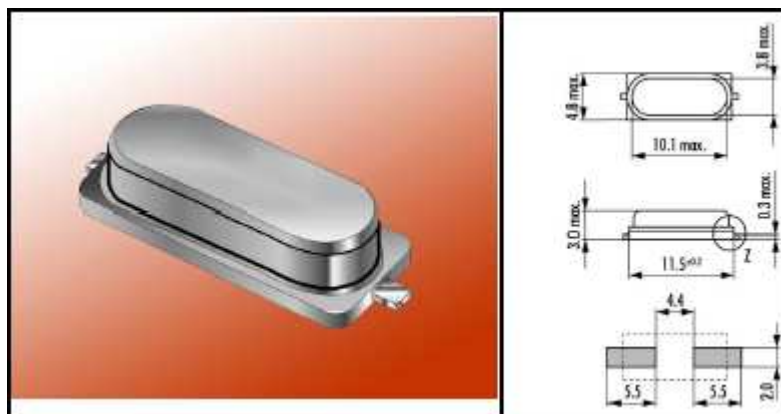
R_1 = odpovídá tlumení kmitů – mechanické ztráty v krystalu

L_1 = odpovídá hmotnosti rezonátoru

C_1 = odpovídá pružnosti rezonátoru

C_0 = odpovídá kapacitě dielektrika a přívodu

Krystal použitý na desce s plošnými spoji je nejpravděpodobněji typu HC49S SMD (Obr. 16) nebo jeho ekvivalent CSM-7 SMD.



Obr. 17 Krystal HC49S SMD a jeho konstrukční uspořádání [5]

Parametry	Hodnoty
rozsah frekvencí	5 V DC
tolerance	+/-5 - +/- 50 ppm
Izolační odpor	>500/100V M Ω
ESR	40-150 k Ω
CL	30%

Tab. 2 Základní parametry krystalů typu HC49S

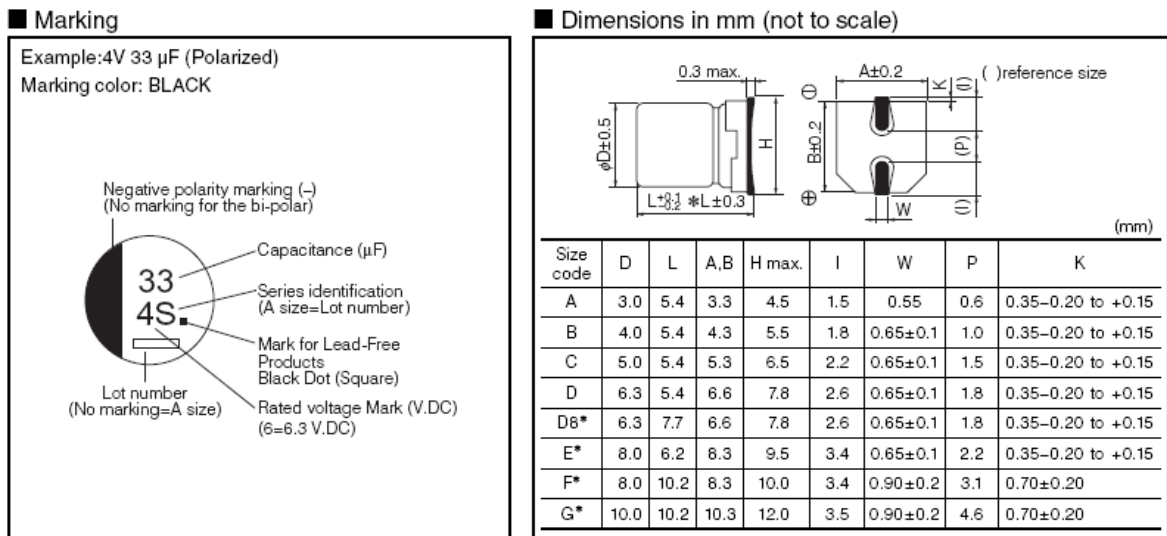
Krystaly se nejčastěji používají v radiokomunikaci pro stabilizaci nosných vln, jako hodinové generátory, v zařízeních s mikroprocesory a v měřicích přístrojích.

2.2.3 Elektrolytický kondenzátor

Dalším prvkem s podivným označením UJX 47 16V je SMT elektrolytický kondenzátor (Obr. 19). Jak je známo elektrolytické kondenzátory vyžadují pro správnou funkci dodržení polarity. Z černého proužku na krytu kondenzátoru je zřejmé správné zapojení kondenzátoru. A to v tom smyslu, že proužek označuje záporný vývod. 16V je hodnota maximálního provozního napětí a 47 je hodnota kapacity v μ F. Tyto kondenzátory vyrábí také firma Panasonic. Označení se v mnohém podobá a proto je uvedena i část katalogového listu (Obr. 18) vysvětlující označení a rozměry kondenzátorů a tabulka parametrů (Tab. 3).

Parametry	Hodnoty
rozsah teplot	-40 - +85 $^{\circ}$ C
rozsah nap. Napětí	4 – 100 V DC
rozsah kapacity	0.1 - 1500 μ F
tolerance	30%

Tab. 3 Základní parametry SMT kondenzátorů Panasonic



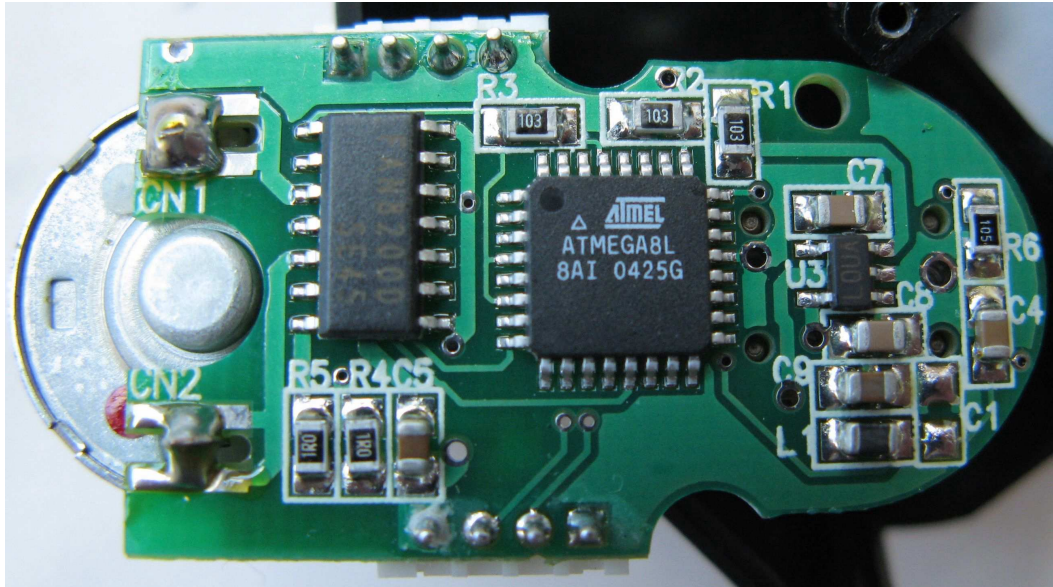
Obr. 18 Označení a rozměry SMT elektrolyt. kondenzátorů firmy Panasonic [6]



Obr. 19 Elektrolytický kondenzátor v SMT provedení

2.3 Spodní strana DPS

Na spodní straně DPS (Obr. 20) vidíme připájený motor, několik integrovaných obvodů spolu se známým monolitickým mikro počítačem ATMEGA a spoustu pasivních součástek zajišťující nastavení správných pracovních bodů obvodů a jiné podpůrné operace jako například sestavení A/D převodníků s pomocí MPU, vytvoření vyhlazovacího filtru a ochrany proti přepólování napájecího napětí.



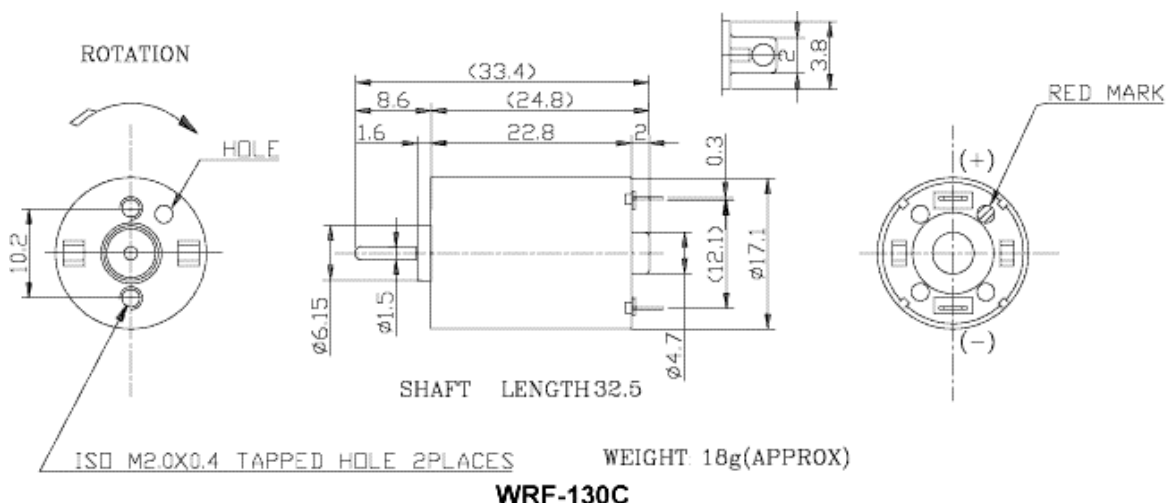
Obr. 20 Pohled na spodní stranu DPS AI-1001

2.3.1 DC motor WRF-130C

Jedná se o kartáčový stejnosměrný motor o výkonu 0.3-1.5W. Jeho použití je převážně pro audiovizuální techniku, CD a DVD přehrávače, holčící strojky a jiné domácí spotřebiče. Na stránkách distributora byly nalezeny i mechanické parametry, které jsou uvedeny níže. Viz [7].



Obr. 21 SS motor WRF-130C



Obr. 22 Mechanické rozměry motoru WRF-130C

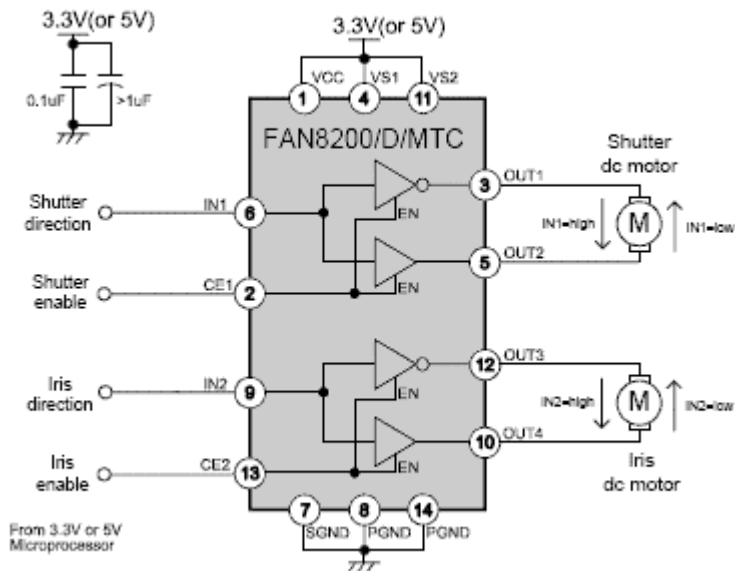
VOLTAGE MODEL	NO LOAD		AT MAXIMUM EFFICIENCY					
	OPERATING RANGE	NOMINAL	SPEED r/min	CURRENT A	SPEED r/min	CURRENT A	TORQUE g.cm mN.m	OUTPUT w
WRF-130CH-12250	2.0~7.5	3.5V CONST.(CW)	4700	0.028	3700	0.11	4.9 0.48	0.19
		6V CONST.(CW)	8100	0.035	800	0.16	7.0 0.69	0.49

Tab. 4 Parametry motoru WRF-130C

2.3.2 Integrovaný obvod FAN 8200

Na Obr. 20 je zřetelně vidět jak jsou vývody motoru napojeny na 3. a 5. pin integrovaného obvodu FAN 8200. Je evidentní, že motor nemá žádný jiný kontakt s okolím, z toho důvodu musí být tento obvod jakýmsi akčním členem zaručujícím pohon motoru. Po nalezení dokumentace k tomuto obvodu mě zarazilo označení obvodu výrobcem. Jedná se totiž o nízkonapěťový ovladač krokových motorů. Ovšem po chvíli přemýšlení bylo zjištěno, že pokud přepojíme všechny vývody k cívkám krokového motoru na dva DC motory získáme tím vlastně ovladač směru rotace těchto motorů. Protože obvod obsahuje dva na sobě nezávislé H-můstky, je možné měnit směr otáčení jen i u jednoho motoru, což je náš případ. Dále má obvod vlastní rozhraní pro komunikaci s 3.3V nebo 5V mikroprocesorovou jednotkou. Ochranu proti přehřátí a funkci pro individuální ovládání jednotlivých můstků. Rozsah napájecího napětí je 2.5 – 7V. Použití obvodu je jako ovladač pohybu bezpečnostních kamer, floppy mechanik, řízení clon u digitálních fotoaparátů a jiné. Veškeré další informace včetně rozložení, funkce pinů, charakteristik, logických tabulek a ukázek aplikací je možné najít v [8]. Pro účel této analýzy si vystačíme

se stručným popisem proto je zde uvedeno jen typické zapojení pro řízení dvou DC motorů (Obr. 23). Je vidět, že daný obvod může mít hodnoty výstupních úrovní pouze v logických hodnotách. To značí, že pro regulaci otáček/polohy hřídele motoru bude zapotřebí pulzně-šířkové modulace o kterou se postará MPU.



Obr. 23 Zapojení obvodu FAN 8200 pro řízení dvou DC motorů [7]

2.3.3 Integrovaný obvod L0UA

Přímo katalogový list tohoto obvodu se nepodařilo zajistit, avšak bylo zjištěno, že patří do skupiny Low-Drop stabilizátorů. Zvyšují životnost baterie a zajišťuje potřebné napájecí napětí. Low-Drop znamená nízký úbytek napětí, z čehož vyplývá, že hodnota výstupního napětí sečtená s hodnotou úbytku stanovuje minimální hodnotu napájecího napětí obvodu. Jako ekvivalent byl nalezen obvod LP2985 of firmy National Semiconductor. K tomuto obvodu již bylo nalezeno dost informací. Obvod LP 2985 má hodnotu low-drop napětí 300mV při proudové zátěži 150mA a 7mV při 1mA. Rozsah výstupního napětí může být nastaven od 2V do 5V s tolerancí 1% v třídě A. Napájecí napětí nesmí překročit 16V. Využití nachází především v nízkonapěťových systémech, kde k napájení slouží baterie. Jako jsou například digitální fotoaparáty, kamery, přehrávače, PDA a jiné.

2.3.4 Mikropočítač ATMEGA 8L

Tento mikropočítač tvoří mozek celého servopohonu. Jedná se o nízkonapěťový CMOS 8 bitový AVR mikropočítač se zabudovanou 8 KB programovatelnou flash pamětí. Ze základních charakteristik jsou vybrány jen ty nejpodstatnější. Napájecí napětí je v rozsahu 2.7V - 5.5V, rychlostní stupně 0-8 MHz, 23 programovatelných I/O linek, programovatelný sériový USART, 32 registrů pro běžné použití, 3 PWM kanály, 3 flexibilní čítače/časovače s komparačními módy. Je vybaven bohatou instrukční sadou čítající 130 příkazů.

2.4 ODHAD FUNKCE ELEKTRONIKY MOTORŮ AI-1001

Z obrázků uvedených výše je vidět že AI motory jsou opatřeny konektory se 4 piny. Dva jsou napájecí a zbylé dva TX a RX slouží pro komunikaci na TTL úrovni. Začneme tedy od napájení. Vstupní napájecí část je tvořena jednocestným usměrňovačem tvořeným diodou, pravděpodobně elektrolytickým kondenzátorem, který svým vybíjením kompenzuje odstraněnou zápornou půlvlnu střídavého napětí a LC filtrem pro finální vyhlazení průběhu odstraněním zbylé střídavé složky. Toto napětí je pak přivedeno na Low-Drop stabilizátor, kterým je napájena zbylá elektronika. Krystal určuje pracovní frekvenci mikropočítače a zabezpečuje tím periodu vzorkování pro snímání analogových veličin. Všechny výpočty a ostatní funkce řídí mikropočítač. Snímané analogové veličiny jsou proud tekoucí motorem, napájecí napětí a hodnota odporu snímače natočení. Vzhledem k omezenému rozsahu snímaných veličin se domnívám, že celý rozsah je rozdělen na 256 jednotek. Každé jednotce pak odpovídá hodnota času kdy napětí na kondenzátoru překlopí komparátor a z rovnice nabíjení kondenzátoru a dalších přepočtů se ze známých hodnot dopočítá hodnota příslušné snímané veličiny. Ta funguje v případě senzoru polohy jako zpětná vazba, na základě které se vypočítá hodnota akčního zásahu pro nastavené parametry diskrétního PD regulátoru. Následně proběhne pulzně-šířková modulace a přes akční člen a převodové ústrojí je hřídel motoru nastavena do žádané polohy.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 VÝBĚR TRIANGULAČNÍHO PRINCIPU

Jak je známo, triangulační princip určování vzdálenosti cíle je velmi starou, avšak doposud nejvíce používanou technikou. Z toho se dá vyvodit, že matematický aparát sloužící k výpočtu vzdálenosti bude jednoduchou aplikací trigonometrie při známých hodnotách vstupních proměnných. Při měření vzdálenosti tímto postupem, za použití laserového zářiče s výkonem pod 5mW a CMOS webkamery, se dá tušit, že relativně přesné měření vzdálenosti by mohlo být v rozmezí vzdálenosti max. 1m–1,5m. Protože přesnost určení pozice světelné stopy je s přesností na +/-1 obrazový element (pixel), při větších vzdálenostech chyba přesného určení pozice světelné stopy roste velmi nelineárně. Proto na základě těchto omezujících faktorů bylo použito následujícího triangulačního principu.

3.1 Použitý triangulační princip

Jestliže se snažíme získat kolmou velikost vzdálenosti předmětu od měřícího modulu v požadovaných mezích, pak se jako nejvýhodnější jeví umístění laserového zářiče do určité vzdálenosti tak, aby paprsek laseru byl kolmý k optické ose z . Velikost této vzdálenosti spolu se zorným úhlem kamery pak určuje hodnotu mrtvého pásma ve kterém nelze měřit vzdálenost. Jak si můžeme povšimnout je na Obr. 24 podobnost trojúhelníků. Označíme-li si ohniskovou vzdálenost čočky f a počet pixelů ppx , pak dostaneme rovnost poměrů (6).

$$\frac{f}{ppx} = \frac{D}{h} \quad (6)$$

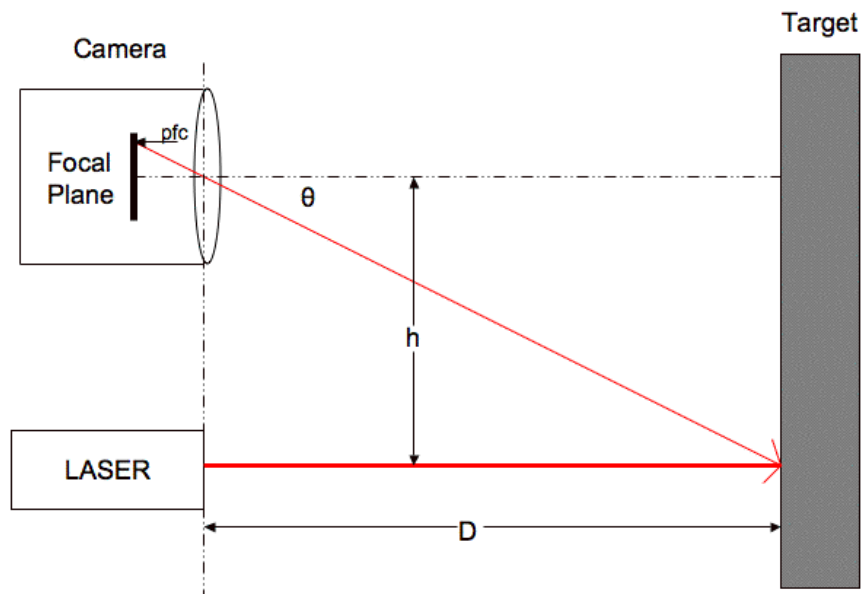
Z tohoto vztahu pak výsledná vzdálenost předmětu je. (7)

$$D = \frac{h * f}{ppx} \quad (7)$$

Problém nastane pokud provedeme rozměrovou analýzu tohoto vztahu. Jestliže f, D a h jsou uvedeny v jednotkách vzdálenosti, pak počet pixelů ppx je v pixelech (px). V tom případě bude nutné ppx vynásobit nějakou konstantou v délkových jednotkách. Touto konstantou je velikost příslušné strany obrazového elementu použitého CMOS čipu. K identifikaci tohoto parametru bylo nutné rozmontovat kameru a pořídit několik snímků (Obr. 25). Poté změřit digitálním posuvným měřidlem rozměry nějakého známého obrazce na focené DPS

s CMOS čipem. Následně byl změřen počet pixelů odpovídající rozměru známého obrazce a stanoven poměr mm/px. Z této analýzy byly získány hodnoty pro horizontální a vertikální rozměry jednoho pixelu v mm. Stanovené konstanty potom byly $H_r = 0,00599\text{mm}$ a $H_v = 0,00566\text{mm}$. Výsledný vztah pro určení vzdálenosti pak je

$$D = \frac{h * f}{ppx * Hr} \quad (8)$$



Obr. 24 Schématické zobrazení určení vzdálenosti použitým principem



Obr. 25 Snímek DPS kamery pro určení konstant H_r a H_v

4 OŽIVENÍ KAMEROVÉHO SYSTÉMU

Jak již bylo zmíněno pro účel kamerového systému byla dostupná webkamera s CMOS čipem. Tato kamera je vyráběna firmou Logitech a nese označení QuickCam Express.



Obr. 26 Kamera QuickCam Express

Jedná se o klasickou webkameru pro domácí nenáročné použití. Kamera se připojuje k počítači přes USB port. Má rozlišení 352x288 pixelů, indikaci provozu a tlačítko pro zachycení snímků. Je dodávána s CD diskem obsahující instalační manuál, ovladače a vlastní grafické rozhraní. Instalace je rychlá a kamera nepotřebuje žádné další nastavování.

4.1 Přístup z Matlabu

Pro zjištění nainstalovaných ovladačů webkamery je nutné použití příkazu IMAQHWINFO. Výsledkem této funkce je výčet vlastostí obsahující nainstalované ovladače, verzi Matlabu, název a verzi toolboxu (Obr. 27).

```
>> imaqhwinfo  
  
ans =  
  
    InstalledAdaptors: {'winvideo'}  
    MATLABVersion: '7.0 (R14)'  
    ToolboxName: 'Image Acquisition Toolbox'  
    ToolboxVersion: '1.5 (R14)'  
  
>> |
```

Obr. 27 Výstup funkce IMAQHWINFO

Povšimněme si názvu ovladače WINVIDEO. Tento ovladač umožňuje přistupovat k jakékoliv webové kameře připojené k počítači přes USB port. Nyní je potřeba vytvořit objekt pro komunikaci s ovladačem. K tomuto účelu slouží příkaz VIDEOINPUT. Příkaz má maximálně tři vstupní proměnné. První je název ovladače kamery, druhý je identifikační číslo objektu, a poslední je formát pořízeného videa. V tuto chvíli je možné provést náhled videa přes funkci PREVIEW, do které se jako argument zadá vytvořený objekt videa. Výsledný kód pak vypadá následovně:

```
vid = videoinput('winvideo',1,'RGB24_352x288');  
preview(vid);
```

Funkce PREVIEW umožňuje také projekci do zvoleného IMAGE objektu příslušného grafického prvku definovaného jeho ukazatelem. V našem případě objektu AXES. Proto byl vytvořený IMAGE objekt jako nulová matice o rozměrech RGB obrazu požadovaných rozměrů. Takže pokud máme již vytvořený ukazatel na AXES s názvem např. axH, můžeme video snímané kamerou promítnout v námi definovaných AXES. Nyní již zbývá jen zabezpečit zachycení snímku pro pozdější zpracování. To lze velice snadno pomocí funkce GETSNAPSHOT, která má vstupní argument objekt cílového video-ovladače a výstupem je matice definující jeden RGB obrázek. Celý kód pro promítnutí videa do AXES a následné zachycení obrázku z videa pak může vypadat třeba následovně:

```
video = videoinput('winvideo',1,'RGB24_352x288');  
himage=image(zeros(288,352,3),'parent',axH);  
preview(video,himage);  
obraz = getsnapshot(video);
```

V tuto chvíli již stačí vytvořit grafické rozhraní a nadefinovat volání funkcí a základ pro analýzu obrazové informace je připraven.

5 ZPROVOZNĚNÍ KOMUNIKACE PO RS-232

RS-232 znamená Recommended Standard číslo 232. Jedná se o relativně dlouho přežívající způsob komunikace, který vznikl v roce 1969 a na většině počítačů ho nalezneme v podobě devíti-pinového konektoru dodnes. RS-232 je standard navržený pro komunikaci mezi dvěma zařízeními do vzdálenosti 20m. Z důvodu větší odolnosti proti rušení jsou logické úrovně reprezentovány většími hodnotami napětí než u TTL logiky. Logické hodnotě 1 odpovídá záporné napětí a log. 0 kladné. V klidovém stavu vykazuje port hodnoty log. 1. Využívá asynchronního přenosu dat a pro přenos dat využívá tzv. rámce. Rámec začíná tzv. start bitem a je zakončen stop bitem. Mezi nimi je jsou vyslána data v hierarchii od nejméně důležitého bitu po nejdůležitější. Přenosová rychlost se udává v Baud, což je jednotka odpovídající počtu (Bytů*velikost rámce)/s. Z toho vyplývá, že při přenosové rychlosti 9600 Baud můžeme maximálně vyslat 960 Bytů za 1s za předpokladu, že použijeme rámec s 8 datovými bity, start a stop bitem. Nejčastější zapojení komunikace probíhá přes třížilové zapojení konektoru CANNON9 (Obr. 28). V tomto zapojení jsou použity TX - vysílání, RX - příjem a SGND – signálová zem. Jelikož se v této práci RS-232 nepoužívá pouze k ovládní motorů, ale i pro spínání laseru, byl použit ještě vývod RTS – žádost na odeslání dat. Z toho důvodu bylo nutné vyrobit kabel pro komunikaci. Pro tento účel výborně posloužil kabel ze starší sériové myši, která pracovala také právě s RTS.



Obr. 28 Konektor CANNON9 v provedení samice

5.1 Vytvoření sériového objektu a komunikace přes něj

Matlab obsahuje příkaz pro vytvoření objektu sériového portu SERIAL. Argumentem je textový řetězec označující název portu ke kterému se má přistoupit. Základní syntaxe pro vytvoření sériového objektu je např.

```
s = serial('COM1');
```

Je možné získat výčet všech nastavitelných parametrů vytvořeného objektu příkazem GET s argumentem označující daný objekt. Nastavení těchto parametrů je možné provést dvěma způsoby. Pomocí příkazu SET nebo tečkovou syntaxí. Pro jednoduchost bude uvedena tečková syntaxe. Nastavení základních komunikačních parametrů je např. následující:

```
s.BaudRate = 57600;  
s.DataBits = 8;  
s.Parity = 'none';  
s.StopBits = 1;
```

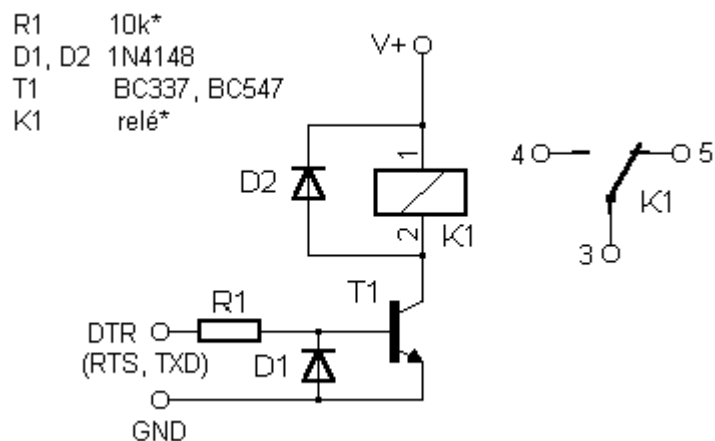
Při použití správných hodnot nic nebrání tomu port otevřít příkazem FOPEN s argumentem objektu portu. Od této chvíle je možné na port zapisovat i číst z něj. Po ukončení komunikace je nutné port opět zavřít příkazem FCLOSE s argumentem objektu portu. Zápis na port a jeho čtení obstarávají funkce FWRITE a FREAD. U funkce FREAD jsou argumenty objekt portu a Byte který chceme zapsat. U FCLOSE jsou argumenty opět objekt portu a počet Bytu co chceme přečíst. Pro aktivaci laseru je využito logického výstupu portu RTS jehož hodnoty lze nastavit např. takto:

```
set(s, 'RequestToSend', požadovaná hodnota (0n / 0ff));
```

Tím je pokryta veškerá činnost, kterou od ovládání sériového portu budeme vyžadovat.

6 SPÍNÁNÍ LASEROVÉHO ZÁŘIČE

Laserový zářič byl použit z laserového ukazovátka. Tyto lasery nejsou nijak výkonné, ale pro náš účel byl použitý laser dostačující. Při řešení návrhu dálkoměrné stanice jsem byl postaven před problém spínání laserového zářiče. Z počátku byl zářič spínán tlačítkem na laserovém modulu ukazovátka. To se ovšem ukázalo být velice nepraktické, protože během pohybu měřicího modulu se spínání nedalo nijak ovládat. Z toho důvodu bylo použito jednoduchého spínacího obvodu z několika málo součástek napájeného stabilizátorem LM317 v katalogovém zapojení, sloužícím původně pro napájení radiomodulu, na desce MGR-BPT232. Zapojení využívá běžného nízkofrekvenčního tranzistoru typu NPN ve funkci spínače tj. se společným emitorem (Obr. 29). V našem případě byly pouze relé a dioda D2 zaměněny za napájecí část laserového modulu ve správné polaritě.



Obr. 29 Aplikace NPN tranzistoru ve funkci spínače

Funkce zapojení je prostá. Při nahození logické 1 na výstup RTS se přes rezistor R1 a ochranou diodu D1 dostane na bázi tranzistoru napětí přibližně 0.7 V. To stačí aby se otevřel tranzistor a tím spojil emitor s kolektorem. V tu chvíli se sepne laserový zářič protože jeho katoda bude spojena se zemí. Aby popsany popis funkce platil, musí být spojena signálová zem portu se zemí napájecího obvodu. Obvod byl realizován na univerzální DPS, která je součástí MGR-BPT232.

7 VYTVOŘENÍ INSTRUKČNÍ SADY PRO AI-1001 V MATLABU

Motory AI-1001 mají vlastní instrukční knihovnu, díky které je možné s nimi komunikovat. V uživatelském manuálu k těmto motorům jsou jednotlivé příkazy vysvětleny a sestavení příslušných paketů podrobně popsáno. Komunikační tok probíhá na klasickém principu. Když je vyslán příkaz nějaké operace, tak se čeká na odpověď po dobu stanovenou tzv. timeoutem. Pokud odpověď nepříjde v požadovaném čase je vygenerováno chybové hlášení. Jak vyslání tak příjem probíhá po paketech. Paket odpovědi má vždy dva Byty. Řídící a nastavovací pakety se liší pouze množstvím odesílaných dat. Řídící paket obsahuje 4 Byty a nastavovací 6. Následuje skript naprogramované funkce k odeslání řídicí instrukce AI-motoru a příjmu paketu odpovědi:

```
function [Data1,Data2]=OdesliPaketRid(hlavickaX,data1X,data2X,kontSumX)
%ODESLIPAKETRID - Prikaz odesle na seriovy port paket o velikosti 4 bytu
%                   a ceka na odpoved kterou ulozi do vektoru o dvou
%                   promennych.
%
%syntaxe: [Data1,Data2]=OdesliPaketNast(hlavickaX,data1X,data2X,kontSumX)
%
%rozsahy vstupnich parametu: 4x 1Bytove cislo

s=evalin('base','s'); %nacteni vytvoreneho serioveho objektu z WS
dobaRid=evalin('base','dobaRid'); %nacteni intervalu prenosu z WS
s.Timeout=dobaRid; %nastaveni intervalu pro preneseni dat

%zapis jednotlivych Bytu paketu na rozhrani
fwrite(s,hlavickaX);
fwrite(s,data1X);
fwrite(s,data2X);
fwrite(s,kontSumX);
%nacteni poctu dat ve vstupnim zasobniku
x=s.BytesAvailable;
%opakovany zapis v pripade ze se prenos nezdaril
if x==0
fwrite(s,hlavickaX);
fwrite(s,data1X);
fwrite(s,data2X);
fwrite(s,kontSumX);
end
x=s.BytesAvailable;
%precteni zasobniku pokud neni prazdny
```

```

if x>0
    prectene=fread(s,2);
    Data1=prectene(1);
    Data2=prectene(2);
end
%provedeni minimalni pauzy pro poslani dalsi instrukce
pause(dobaRid);
%nacteni poctu odeslanych datovych bitu
pocOdDat=s.ValuesSent;

```

Ve chvíli kdy je sestaven paket můžeme tento příkaz použít pokud je otevřený port. K sestavení paketu slouží jednotlivé vytvořené podfunkce. Jako příklad je uvedena funkce pro nastavení polohy hřídele motoru:

```

function nastPoz(Sp,Id,Po);
%NASTAVPOZ - Prikaz nastavi novou polohu hridele motoru.
%
%                               syntaxe: nastPoz(Sp,Id,Po)
%
%           rozsahy vstupnich parametu: Id-[0-30], Sp-[0-4], Po-[0-254]
%
%legenda:   Id- identifikacni cislo motoru
%           Sp- rychlost
%           Po- pozice

%vytvoreni dat pro sestaveni paketu ridiciho prikazu:
data1=bin2dec([dec2bin(Sp,3),dec2bin(Id,5)]);
data2=bin2dec(dec2bin(Po,8));
nasobitel=evalin('base','nasobitel');
hlavicka=evalin('base','hlavicka');
%vypocet kontrolni sumy:
kontSum=bitand(bin2dec(nasobitel),bitxor(data1,data2));
%vystup
[Proud,StartPozice]=OdesliPaketRid(hlavicka,data1,data2,kontSum)
%prirazeni promennych do WS
assignin('base','Proud',Proud);
assignin('base','StartPozice',StartPozice);

```

Na stejném principu jsou sestaveny i ostatní příkazy vytvořené instrukční sady a funkce k odeslání paketu nastavovací instrukce. Nejsložitějším příkazem je synchronní nastavení

pozice více motorů najednou, protože funkce má předem nespecifikovanou množinu vstupních proměnných. Posledním uvedeným skriptem instrukční knihovny proto bude právě tento příkaz:

```
function synchNastPoz(varargin)
%SYNCHNASTPOZ - Prikaz nastaví polohy více motoru najednou. Nevrací
%                paket odezvy
%
%                syntaxe:
synchNastPoz(rychlost, poslMot, pozMot)
%
%rozsahy vstupnich parametu: rychlost-[0-4], poslMot-[0-30], pozMot[*]
%
%legenda:   rychlost- rychlost vseh motoru
%           poslMot - ID posledniho motoru v serii
%           pozMot  - vektor pozic vseh motoru
%           *       - napr. pro 3 motory: [15 62 147]

%nacteni vstupnich promennych
rychlost=varargin{1};
poslMot=varargin{2};
pozMot=varargin{3};

%zakladni konstanty
s=evalin('base','s');
Hlavicka=255;
dat1=Hlavicka;
nasobitel=127;
interval=length(pozMot);
sxor=pozMot(1);
lastID1=poslMot+1;

%data paketu
druhyByte=bin2dec([dec2bin(rychlost,3),dec2bin(31,5)]);
dat2=druhyByte;
dat3=lastID1;

%vypocet kontrolni sumy
for i=1:interval-1
    sxor=bitxor(sxor,pozMot(i+1));
end
kontSuma=bitand(nasobitel,sxor);
```

```
%vytvoreni promennych pro pozice a prideleni jejich hodnot
for j=1:interval
    str=['dat' num2str(j+3) '=' num2str(pozMot(j)) ';''];
    eval(str);
end

%vytvoreni promennych k vytvoreni paketu a jejich naplneni
for k=1:interval+4
    if k<interval+4
        str=['data' num2str(k) '=' 'dat' num2str(k)];
        eval(str)
    end
    if k==interval+4
        str=['data' num2str(k) '=' num2str(kontSuma)];
        eval(str)
    end
end

%zapis paketu na seriove rozhrani
for m=1:interval+4
    str=['fwrite(s,' data' num2str(m) ');'];
    eval(str)
    pause(0.02)
end
```

Vytvořená instrukční sada by měla pokrýt všechny nejdůležitější požadavky, které jsou na motory kladeny. Některé příkazy se zdály být zbytečné nebo nebezpečné pro nezkušeného uživatele proto nebyly do knihovny přidány. Těmito příkazy jsou například změna komunikační rychlosti motorů, nastavení prahu proudové ochrany motorů, čtení hodnoty prahu proudové ochrany a nastavení a čtení hranic pohybu. V případě potřeby by však na základě ostatních příkazů neměl být problém knihovnu doplnit i o zbývající příkazy. Ostatní příkazy byly vytvořeny. Všechny příkazy byly odzkoušeny a jsou plně funkční. Knihovna obsahuje tedy celkem 13 funkcí z čehož 2 slouží k odesílání paketů. Celá knihovna je umístěna na příloženém CD v adresáři *knihovnaAI*.

8 DETEKCE SVĚTELNÉ STOPY LASERU

Pro účel detekce světelné stopy byl navrhnout algoritmus, který je schopný při správném nastavení rozeznat laserovou stopu červené barvy i v podmínkách, které jsou na první pohled extrémní. Takovými podmínkami může být například odraz ostrého světla na snímaném předmětu nebo pozadí, nebo měření vzdálenosti předmětu s podobnou barvou jakou má laser. V takových chvílích se detekce značně komplikuje a zavádí se do měření enormně velká chyba nebo měření není možné vůbec provést.

8.1 Princip navrženého algoritmu

Základní princip vycházel z myšlenky, že jestliže měření ohrožují dva kritické případy pak pravděpodobnost výskytu obou případů současně je mnohem menší než jednotlivých případů samostatně. Jestliže laserový paprsek splňuje obě kritické podmínky tj. vyzářuje ostré světlo o vysoké intenzitě a současně vrhá kolem středu paprsku rovnoměrně korónu v barvě laseru, potom při určení středů těchto oblastí by měla být jejich vzdálenost teoreticky nulová. Takže pokud algoritmus zachytí více stop splňující daná kritéria je zřejmé, že střed laserového paprsku je právě v místě od kterého je nekratší vzdálenost ke středům ze všech detekovaných korón. Pokud vyjdeme z těchto předpokladů, tak je třeba vytvořit dvě funkce, které budou mít výstupní proměnné jako vektory informací i souřadnicích nalezených stop. Jedna funkce bude hledat středy oblastí splňující kritéria jasu a velikosti stopy a druhá velikosti a hodnoty červené. Při vytváření algoritmu na určení stopy pomocí intenzity a průměru stopy bylo vycházeno z algoritmu uvedeném v utilitě Matlabu *util_findlaser*. Druhá funkce vznikla na základě samostudia a zkoušení vlastností funkcí matlabu. Přesný popis jednotlivých příkazů využitých v algoritmu v této práci nebyl proveden. A to z důvodu ne příliš jednoduchých popisů těchto funkcí v nápovědě. Vždy je možné vyhledat tyto příkazy v nápovědě a udělat si tak obrázek o jejich přesné funkci. Právě proto jsou uvedeny jen výsledné funkční algoritmy pro detekci polohy světelné stopy laseru. Tyto funkce nesou označení *LaserFnd.m* a *Segment.m*. Při použití algoritmů je důležité jejich pořadí. Nejprve se spustí funkce *LaserFnd.m* a následně *Segment.m*. A to z toho důvodu, že ve funkci *segment.m* se provádí finální určení pozice a jako vstupní parametry je potřeba zadat i vektory výstupu funkce *LaserFnd.m*.

8.2 Skripty algoritmů pro určení pozice světelných stop:

FUNKCE LASERFND:

```
function [xOut,yOut]=LaserFnd(Zdroj,VelStopy,JasStopy)

Prah=VelStopy;
Prah1=JasStopy;
Obrazek=Zdroj;
r=Obrazek(:,:,3);
Laser=(r>=Prah1*double(max(r(:)))));
MapaBW=bwlabel(Laser);
MapaBW = imfill(MapaBW, 'holes');
Orez = strel('diamond',1);
MapaBW = imerode(MapaBW,Orez);
Vlastnosti = regionprops(MapaBW, 'Area', 'Centroid');
DelkaVl=length([Vlastnosti]);
if DelkaVl == 0
    [xOut,yOut]=deal(NaN,NaN);
else
for j=1:DelkaVl
    [PocPix(j)]=max([Vlastnosti(j).Area]);
    Index(:,j)=[PocPix(j),j];
end
IndexPr=Index(1,:)>Prah ;
for i=1:length(IndexPr)
    if IndexPr(i)>0
        VekSt=Index(:,i);
        VektCis(i)=VekSt(2);
    else
        VektCis(i)=0;
    end
end
for f=1:length(VektCis)
    if IndexPr(f)>0
        Poradi=VektCis(f);
        x(f)=Vlastnosti(Poradi).Centroid(1);
        y(f)=Vlastnosti(Poradi).Centroid(2);
    else
        [y(f),x(f)]=deal(NaN,NaN);
    end
end
end
```

```

assignin('base','xa',x);
assignin('base','ya',y);
xOut=x(x>0);
yOut=y(y>0);
end
%-----

```

FUNKCE SEGMENT:

```

function [xbu,ybu,xPres,yPres]=segment(zdroj,xa,ya,cp,vs);

CerPrah=cp;
VelSt=vs;
r=zdroj(:, :, 1);
g=zdroj(:, :, 2);
mat=round(r-g/2);
c=(mat>CerPrah);
c = imfill(c, 'holes');
vlastnostil = regionprops(bwlabel(c), 'Area', 'Centroid');
labeled=bwlabel(c);
vlastnostil = regionprops(labeled, 'Area', 'Centroid');
delka=length([vlastnostil]);
if delka == 0
    [xbu,ybu,xPres,yPres]=deal(NaN,NaN,NaN,NaN);
else
for j=1:delka
[poc_pix(j)]=[vlastnostil(j).Area];
index(:,j)=[poc_pix(j),j];
end
pom=index(1,:)>VelSt;
for i=1:length(pom)
    if pom(i)
        p=index(:,i);
        ind(i)=p(2);
    else
        ind(i)=0;
    end
end
end
xb=[];
yb=[];
for f=1:length(ind)

```

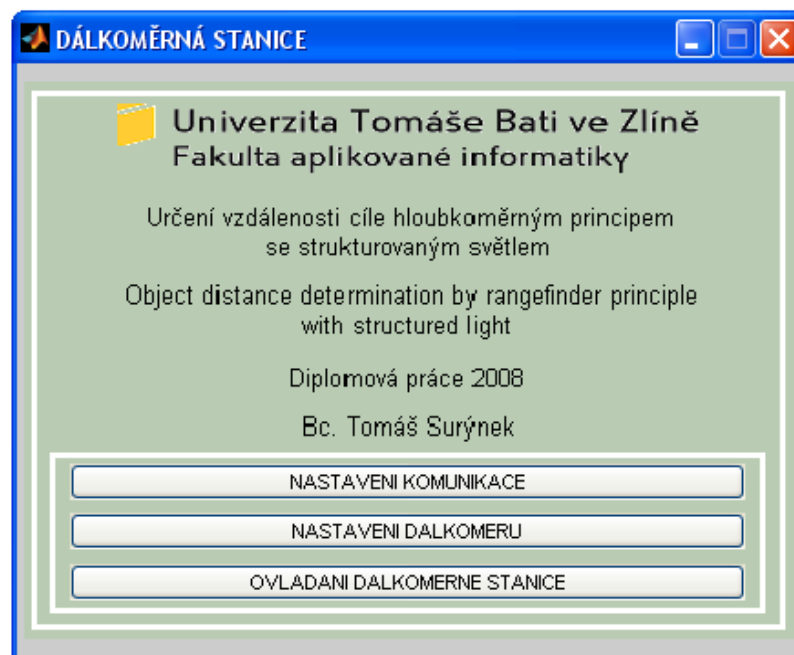
```
    if ind(f)>0 & f<=delka
        nt=ind(f);
        xb(f)=vlastnosti1(nt).Centroid(1);
        yb(f)=vlastnosti1(nt).Centroid(2);
    else
        [yb(f),xb(f)]=deal(NaN,NaN);
        xPres=NaN;
        yPres=NaN;
    end
end
xau=xa(xa>0);
yau=ya(ya>0);
xbu=xb(xb>0);
ybu=yb(yb>0);
delkaA=length(xau);
delkaB=length(xbu);
if delkaA>0 & delkaB>0
for i=1:delkaA
    xal=xau(i);
    yal=yau(i);
    for j=1:delkaB
        xbl=xbu(j);
        ybl=ybu(j);
        vzdalenost(i,j)=sqrt((xal-xbl)^2+(yal-ybl)^2);
    end
end
[hod]=(min(min(vzdalenost)));
[radek,sloupec]=find(vzdalenost==hod);
radek=min(radek);
sloupec=min(sloupec);
xPres=xau(radek);
yPres=yau(radek);
end
clear('vzdalenost')
end
%-----
```


9 GRAFICKÉ ROZHRAŇÍ DÁLKOMĚRNÉ STANICE

Přestože je programové vybavení dálkoměrné stanice psané ve formě funkcí a lze tedy stanici ovládat přímo přes příkazový řádek Matlabu, je mnohem praktičtější vytvoření uživatelského grafického rozhraní. Uživatel má pak okamžitý přístup k požadovaným operacím bez ohledu na znalost těchto funkcí. To po přečtení uživatelského manuálu umožňuje použití stanice i osobám bez znalosti programování v Matlabu. Z toho důvodu bylo vytvořeno grafické rozhraní skládající se ze několika oken, sloužících pro nastavení komunikace s motory AI-1001, nastavení parametrů dálkoměrného modulu a celkové ovládání celé stanice.

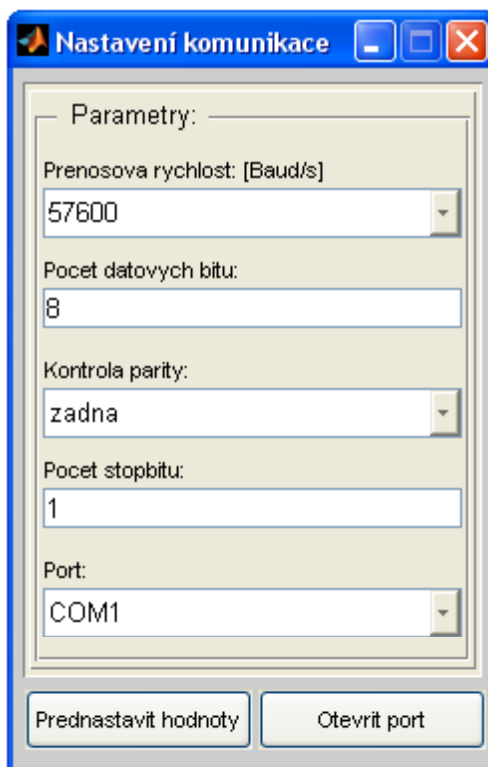
9.1 Stručné seznámení s ovládacím programem

Na Obr. 30 je uvedeno první okno, které se zobrazí po spuštění aplikace příkazem *start*. Je to okno hlavní nabídky programu umožňující variabilní nastavení nezbytných parametrů pro správnou funkci stanice a spuštění ovládacího panelu. Protože se předpokládala možnost změny nastavení komunikace motorů a modulu pro měření vzdálenosti, byla vytvořena dvě okna pro možnost přizpůsobení stanice požadavkům uživatele. Uživatel může chtít např. snížení mrtvého pásma, nebo výměnu kamery popř. změnu komunikační rychlosti motorů aj.



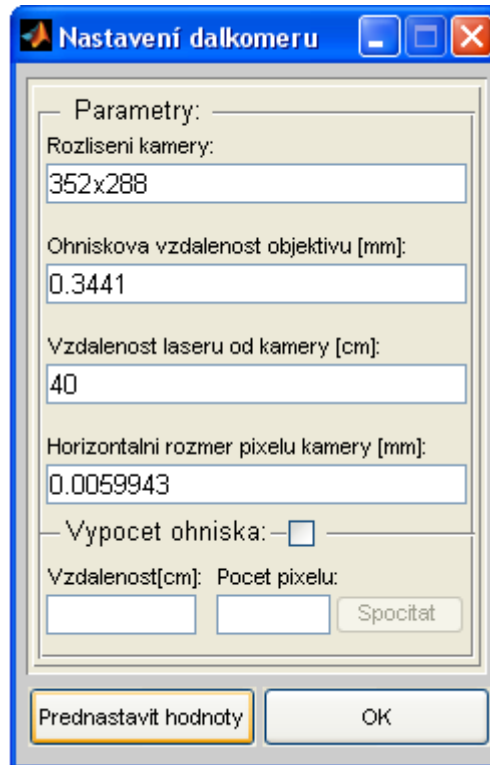
Obr. 30 Hlavní nabídka aplikace

Prvním tlačítkem v hlavní nabídce je NASTAVENI KOMUNIKACE. Pomocí tohoto tlačítka se spouští okno pro nastavení sériového portu (Obr. 31). Jak je vidět z obrázku okno umožňuje nastavení čtyř základních parametrů přenosu a volbu portu. Obsahuje také dvě tlačítka. Jedno jak název napovídá přednastaví hodnoty použité pro bezproblémovou komunikaci v aktuálním provedení stanice a druhé vytvoří objekt sériového portu s nastavenými parametry uvedenými v okéncích a otevře port.



Obr. 31 Okno pro nastavení sériového portu

Dalším tlačítkem v hlavní nabídce je NASTAVENI DALKOMERU. Po jeho stisknutí se otevře okno (Obr. 32) sloužící ke změně základních parametrů dálkoměrného modulu a také s možností výpočtu ohniskové vzdálenosti objektivu na základě známé vzdálenosti zaostřené světelné stopy a počtu pixelů odpovídajících vzdálenosti středu stopy od středu optické osy kamery. Změnou všech parametrů se mění výsledná naměřená vzdálenost proto je možné tímto způsobem nakalibrovat dálkoměrný modul pro optimální funkci. Stejně jako v předchozí okně (Obr. 31), je zde tlačítko pro přednastavení hodnot a pro potvrzení volby.



Obr. 32 Okno pro nastavení parametrů a kalibraci dálkoměru

Po nastavení všech potřebných atributů v předchozích oknech a jejich potvrzení je možné spustit tlačítkem OVLADANI DALKOMERNE STANICE panel pro řízení funkcí celé dálkoměrné stanice (Obr. 33) včetně pojízdné plošiny. V tomto okně je možné nastavovat odměr a náměr dálkoměrného modulu, použít kalibrační pomůcku pro určení pozice stopy pro danou kalibrační vzdálenost, nastavit offset měřené vzdálenosti, nastavit parametry algoritmů pro vyhodnocení pozice světelné stopy, aktivovat a deaktivovat laserový zářič, provést měření vzdálenosti a řídit pohyb pojízdné plošiny. Je zde také náhled snímaného obrazu kamerou a zobrazení výstupu algoritmů pro určení polohy stopy spolu se zobrazením předpokládané polohy světelné stopy a její zvýraznění žlutou tečkou. Bylo sice možné porovnat jen předpokládanou pozici s vypočítanou, ovšem při uvedení všech výstupů algoritmů je lépe patrná funkce algoritmů a snazší nastavování vstupů funkcí, díky zpětné vazbě získané vykreslením výstupů. Všechny ostatní důležité informace o použití a kalibraci stanice jsou součástí uživatelského manuálu přiloženého v příloze a na CD.



Obr. 33 Okno pro ovládání kompletní dálkoměrné stanice

ZÁVĚR

Hlavním účelem této práce bylo navržení a realizace modulu pro bezkontaktní měření vzdálenosti cíle pomocí hloubkoměrného principu. Z toho důvodu byla v teoretické části věnována pozornost rozboru principů současných systémů pro určování vzdálenosti. Nejdříve byla zvolena metoda měření a na jejím základě provedeny všechny potřebné úkoly jako oživení kamerového systému nebo spínání laserového zářiče. Protože systém měl mít dva stupně volnosti, bylo třeba zprovoznit soustavu dvou motorů AI-1001. K tomu bylo potřeba zjistit jaké funkce má Matlab pro obsluhu sériového portu a nastudovat jejich použití stejně tak jako funkce pro komunikaci s webkamerou. Následovalo vytvoření instrukční knihovny pro komunikaci s motory po sběrnici RS-232. Dále bylo třeba navrhnout algoritmy pro určení pozice laserové stopy a vytvořit uživatelské rozhraní pro ovládání celého měřicího systému. Nakonec byla stanice sestavena a byl k ní sepsán uživatelský manuál.

Všechny body zadání byly splněny a v návaznosti na funkci celého systému byla v teoretické části provedena ještě analýza funkce vnitřní elektroniky motorů AI-1001. Protože kalibrace tohoto měřicího systému není bez příslušného vybavení snadná, byla navíc vytvořena kalibrační stanice, kterou je možné pohánět dalším motorem AI-1001 nebo DC motorem. Celá stanice se tak dá použít jako laboratorní pomůcka v laboratoři automatického řízení nebo robotiky jako zpětnovazební systém pro řízení polohy.

CONCLUSION

Main purpose of this master thesis was suggesting and realization of module for contactless target distance measurement by rangefinder principle. For this reason the theoretical part was focused on analysis of present systems for distance measurement. Firstly, the principle was chosen and on its basis all needed tasks was made. Such a camera system or laser activation. Because the system should have two degrees of freedom, was necessary to activate AI-1001 motors. For this purpose was needful self-studying of Matlab functions for serial port and webcam communication. Next the command library for AI-1001 motors have been made in Matlab. Another task was to suggest algorithms for laser tracking and make graphical user interface for the system control. Finally the station was completed and users manual have been written.

All objectives of this thesis were accomplished and in sequence on function of the system the analysis of AI motors electronics was made in the theoretical part. Because calibration of this system without right equipment is difficult the positioning desk have been made. The desk allows use the system as laboratory exam in automation control or robotics laboratory as motion control feedback system.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Orientace v prostředí – Podrobnější specifikace, České vysoké učení technické, Katedra řídicí techniky, Praha 2007, Dostupný z:
<http://www.dce.felk.cvut.cz/prezentace/orientace%20podr.pdf>
- [2] Kalová, I. - Horák, K., Optické metody měření 3D objektů [online], Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Dostupný z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/05023/index.html#kap2.2>
- [3] Uživatelský manuál AI robot-1001, Dostupný z :
http://www.megarobot.net/cj/manualy/megarobotics/AIMotor1001_manual.pdf
- [4] Manuál k snímači RDC 50 firmy ALPS, Dostupný z :
<http://www3.alps.com/WebObjects/catalog.woa/E/PDF/Sensor/Position/RDC50/RDC50.PDF>
- [5] Základní vlastnosti a provedení piezoelektrických krystalů, B15_01.pdf,
Dostupný z: www.semic.cz/pasiva/B15_01.pdf
- [6] Katalogový list SMT kondenzátorů firmy Panasonic, Elkond.pdf, Dostupný na přiloženém CD
- [7] Dokumentace k obvodu FAN 8200, Dostupná z:
<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/51220/FAIRCHILD/FAN8200D.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AI	Artificial Inteligence – umělá inteligence
RS	Recommended standard – doporučený standard
TOF	Time of flight – doba letu
CCD	Charge-couple device – zařízení s vázanými náboji
1D, 2D ,3D	Dimension - rozměr
γ	úhlová paralaxa
FFT	Fast Fourier Transformation – rychlá fourierova transformace
R, L, C	Rezistor/Odpor, Cívka/Indukčnost, Kondenzátor/Kapacita
μ	mikro - 10^{-6}
DC	Direct Current - stejnosměrný
A/D	Analog/Digital – analogově/číslíkový
MPU	MicroProcessor Unit – mikroprocesorová jednotka
PDA	Personal Digital Assistant – kapesní počítač
k	kilo - 10^3
PWM	Pulse-Wide Modulation – pulzně-šířková modulace
I/O	Input/Output – vstupně/výstupní
TTL	TTL – Transistor Transistor Logic – tranzistorově tranzistorová logika
P, D	P – proporcionalní, D- derivační ,D- měřená vzdálenost předmětu
h	vzdálenost laseru od kamery
RGB	Red, Green, Blue – červená, zelená, modrá
RTS	Request To Send – žádost k odeslání
SMT	Surface-Mount Technology – technologie povrchové montáže
SMD	Surface-Mount Device – zařízení určené k povrchové montáži

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Sestavený dálkoměrný modul umístěný na kalibrační stanici</i>	<i>8</i>
<i>Obr. 2 Triangulační trojúhelník (1D triangulace).....</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 3 Problém viditelnosti u triangulačních metod (2D triangulace)</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 4 Technika světelného vzoru (3D triangulace).....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 5 Stereoskopické snímky.....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 6 Epipolární linie.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 7 Historický a moderní teodolit.....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 8 Snímek pro zvětšující se ostřící vzdálenost a výsledná hloubková mapa</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 9 Princip (TOF) využívající fotodiody na straně přijímače</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 10 Blokové schéma interferometru.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 11 Skvrnová interferometrie: a) typické uspořádání, b) rozdílový inerferogram</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 12 Motor AI-1001</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 13 Jednotka AI-1001 po odkrytování</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 14 Pohled na horní stranu DPS AI-1001</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 15 Náhled a konstrukční uspořádání snímače RDC502</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 16 Schématická značka a náhradní RLC schéma krystalu.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 17 Krystal HC49S SMD a jeho konstrukční uspořádání.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 18 Označení a rozměry SMT elektrolyt. kondenzátorů firmy Panasonic</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 19 Elektrolytický kondenzátor v SMT provedení.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 20 Pohled na spodní stranu DPS AI-1001</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 21 SS motor WRF-130C</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 22 Mechanické rozměry motoru WRF-130C.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 23 Zapojení obvodu FAN 8200 pro řízení dvou DC motorů.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 24 Schématické zobrazení určení vzdálenosti použitým principem.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 25 Snímek DPS kamery pro určení konstant H_r a H_v.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 26 Kamera QuickCam Express</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 27 Výstup funkce IMAQHWINFO</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 28 Konektor CANNON9 v provedení samice</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 29 Aplikace NPN tranzistoru ve funkci spínače</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 30 Hlavní nabídka aplikace.....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 31 Okno pro nastavení sériového portu</i>	<i>50</i>

Obr. 32 Okno pro nastavení parametrů a kalibraci dálkoměru..... 51
Obr. 33 Okno pro ovládání kompletní dálkoměrné stanice..... 52

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Základní parametry snímače RDC502</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 2 Základní parametry krystalů typu HC49S</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 3 Základní parametry SMT kondenzátorů Panasonic</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 4 Parametry motoru WRF-130C</i>	<i>30</i>

SEZNAM PŘÍLOH

P I: Uživatelský manuál.

PŘÍLOHA P I: UŽIVATELSKÝ MANUÁL

Před připojením modulu do sítě je nutné provést kontrolu:

- 1) Upevnění všech mechanických součástí.
- 2) Polarity samčího konektoru napájecího adaptéru.
 - Je nutné aby vnější část měla zápornou polaritu a vnitřní kladnou.
- 3) Připojení motorů AI-1001 mezi sebou a k řídicí desce MGR-BPT232.
- 4) V případě využití kalibrační stanice ještě spojit výstupy dvou posledních motorů přes konektory na kalibrační stanici.
 - Zapojení je nutné provést tak, aby po propojení byly spojeny sobě náležící vývody.
 - To lze provést za pomoci kontroly barevného označení přívodních kablíků.
- 5) Upevnění konektorů laseru, kamery a sériové komunikace.
 - Nejprve se provede zastrčení laserového konektoru tak, aby bílý kabel ležel proti hnědému kabelu na desce.
 - Následně se zelený vodič opatřený jedním výstupním pinem připojí ke konektoru sériové komunikace do zdířky spojené s bílým vodičem.
 - Nakonec se konektor sériové komunikace připojí k desce MGR-BPT232.

Nyní již zbývá připojit modul k počítači a stisknout spínač na desce MGR-BPT232. Pokud se rozsvítí kontrolní led dioda na desce MGR-BPT232 je zařízení připravené k provozu.

Spuštění programu:

- 1) Nastavení cesty k ovládacím souborům:
 - Nejprve je nutné spustit Matlab díky kterému se dá stanice ovládat.
 - Zvolit adresář s programovým vybavením.
- 2) Hlavní nabídka:
 - Spuštění nabídky se provádí příkazem *start* z příkazového řádku Matlabu.

3) Nastavení komunikace:

- Po stisku tlačítka pro nastavení komunikace se do příslušných polí zobrazeného okna zadají požadované komunikační parametry nebo se potvrdí přednastavené hodnoty.
- Úspěšné nastavení je indikováno v příkazovém řádku Matlabu vypsáním nastavených a konstantních parametrů.

4) Nastavení dálkoměru:

- Po stisku tlačítka *nastaveni dalkomeru* se otevře okno. Do příslušných polí se zadají parametry dálkoměru a potvrdí volba.
- Rozlišení kamery je nutné zadat ve formátu např. 352x288 bez mezer.
- Ostatní parametry jsou voleny na základě použité kamery a dálkoměrného modulu.
- Pro výpočet ohniska je nutné nejprve spustit *ovládání dálkoměrné stanice*. Viz. dále.

5) Ovládání dálkoměrné stanice:

- Ovládání stanice bylo vytvořeno tak aby bylo pro uživatele intuitivní.
- Veškeré prvky jsou popsány a s jejich použitím by neměl být problém.
- Skupiny *Kalibrace L* a *Offset* slouží ke kalibraci dálkoměru.
- *Kalibrace L* umožňuje vykreslení pomůcky pro nasměrování laseru do kružnice na určitou vzdálenost zadanou do pole *Vzdalenost* po nastavení přesných parametrů dálkoměru.
- Vykreslený kalibrační kříž má za úkol pomoc s horizontálním a vertikálním natočením měřicího modulu.
- Stopa vedoucí od středu obrazu k pravému okraji je pro kontrolu horizontální úrovně stopy vůči kameře.
- Po stisku tlačítka *laser* se aktivuje laser.

- Pomocí tlačítka *zmer vzdalenost* by se měla v pravém okně zobrazit snímaná scéna a vykreslit do ní, při detekci stopy, pozice určené stopy zřetelnými značkami.
- Následně je do příkazového řádku vypsána pixelová vzdálenost stopy sloužící k výpočtu ohniskové vzdálenosti při známých hodnotách ostatních vlastností.

Ukončení programu je nutné provést deaktivací laseru a zavřítím ovládacího okna. Poté se opět objeví nabídka a jejím ukončením se uzavře i seriový port. Zobrazování a skrývání oken bylo navrženo tak, aby okna svými rozměry zbytečně nezaplňovaly plochu a eliminovaly tak nežádoucí nehody. Všechny programy nejsou nijak chráněné a tímto dávám svolení je upravit pro vlastní potřebu uživatele.