

Ovládání invalidního vozíku

Zdeněk Vincourek

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Cílem bakalářské práce je analýza dostupného invalidního vozíku a následně návrh přestavby na optoelektrický silově momentový bezkontaktní systém včetně návrhu algoritmu, pro správnou činnost. Tato práce obsahuje zhodnocení současného stavu techniky v oblasti ručních ovladačů pro komunikaci člověk-stroj, popis hardwarového vybavení potřebného pro realizaci systému a popis instalace potřebných softwarových prostředků. Dále pak rozbor invalidního vozíku ve formě funkčního schématu, zaznamenaného měření napěťových rozsahů na vstupu servomotorů, odebíraného proudu z baterie a návrh algoritmu. Obsahem této práce je také simulační program vytvořený v programovém prostředí MATLAB.

Abstrakt ve světovém jazyce

The Aim of the bachelor thesis is to analysis the availabe wheelchair and submission of reconscrution to the optoelectronic force trque contactless system. This submission contains algorithm for a right function too. This bechelor thesis contains the valuation of the technology in the technical field of the hand controller for the cmunication people-machine, description of the hardware`s equipikments, which are necessary for the construction of this system and the description of the software`s tools. The next part contains the analysis of the wheelchair in the function chart form, the measurement of the voltage compliances on the input of the servomotors, current, which is draw from battery and submission of algorithm. This bachelor thesis include the simulation program, which is created in MATLAB

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce, Mgr. Ing. Milanu Kvasnicovi CSc, za vedení a cenné připomínky při zpracování bakalářské práce. Dále pak firmě SIVAC – Zdravotní technika a jejímu vedoucímu servisního oddělení panu Pavlovi Gümplovi za vstřícnost.

OBSAH

OBSAH	5
ÚVOD.....	6
I. TEORETICKÁ ČÁST	7
1 OVLÁDÁNÍ INVALIDNÍHO VOZÍKU	8
1.1 OVLÁDACÍ PRVKY PRO KOMUNIKACI ČLOVĚK-STROJ.....	8
1.1.1 D-Space joystick se silovou zpětnou vazbou	8
1.1.2 IMPULSE ENGINE 2000-joystick se silovou zpětnou vazbou	10
1.1.3 Šesti-složkové silově momentové ovládací zařízení.....	10
1.1.4 Hmatové ovládací zařízení (Haptic interface)	12
1.1.5 Pneumatický haptic interface (PHI)	13
1.2 CCD PRVKY	14
1.3 C-MOS PRVKY	16
1.4 SERVOMOTORY INVALIDNÍCH VOZÍKŮ	17
1.5 HARDWAROVÉ VYBYVENÍ	18
1.5.1 Digitalizační karta	18
1.5.2 Digitální kamera.....	19
1.5.3 Laserové diody	21
1.6 PROGRAMOVÁ PODPORA	21
1.6.1 Instalace softwaru.....	21
II. PRAKTICKÁ ČÁST	24
2 ANALÝZA VLASTNOSTÍ INVALIDNÍHO VOZÍKU A NÁVRH PŘESTAVBY NA OPTOELEKTRONICKÝ OVLÁDACÍ SILOVĚ MOMENTOVÝ BEZKONTAKTNÍ SYSTÉM	25
2.1 ANALÝZA INVALIDNÍHO VOZÍKU	25
2.1.1 Složení invalidního vozíku.....	25
2.1.2 Funkční schéma analyzovaného invalidního vozíku.....	28
2.1.3 Naměřené hodnoty na vstupu servomotorů.....	28
2.2 NÁVRH PŘESTAVBY NA OPTOELEKTRONICKÝ BEZKONTAKTNÍ SYSTÉM	34
2.2.1 Návrh algoritmu	35
2.2.2 Návrh digitálně analogového převodníku	37
ZÁVĚR.....	39
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	40
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	41
SEZNAM OBRÁZKŮ	42
SEZNAM TABULEK.....	44
SEZNAM PŘÍLOH.....	45

ÚVOD

Invalidní vozík je v dnešní době nepostradatelnou součástí vybavení každého imobilního člověka. Snížení pohyblivosti může mít různé příčiny jako například úrazy, genetická onemocnění, vrozené vývojové poruchy anebo vysoký věk. Invalidní vozík těmto lidem dopomáhá prožívat svůj život plnohodnotně. Historie invalidního vozíku sahá až do roku 530 před Kristem, kdy Řekové vynalezli postel na kolečkách, která byla určena na přepravu batolat. Zmínka je též o invalidním vozíku, který používali Číňané již 1300 let před Kristem. Vývoj invalidního vozíku v dnešní podobě se datuje od roku 1595 kdy Král Philip II vlastnil vozík s koly a opěrkou na nohy. V současnosti jsou dostupné různé druhy vozíků od ručně poháněných až po plně robotizované. Pro uživatele, kteří nejsou schopni manipulovat s předměty denní potřeby jsou konstruovány přídatná robotická ramena, ovládaná pomocí důmyslných senzorických systémů určených pro komunikaci člověk-stroj. Senzorické systémy určené pro komunikaci člověk-stroj jsou zařízení umožňující přenos informace od člověka pomocí cílevědomého pohybu například ruky, nohy oka, hlavy, pohybu těla a mimiky tváře. Jedna z možností komunikace mezi člověkem a vozíkem je použití ovladače pracujícího na principu pohybu těla tzv. body joystick, jehož analýza a následně návrh přestavby na bezkontaktní optoelektronický řídicí systém je předmětem této práce.



Obr. 1 Invalidní vozík s robotickou rukou nasazující brýle

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OVLÁDÁNÍ INVALIDNÍHO VOZÍKU

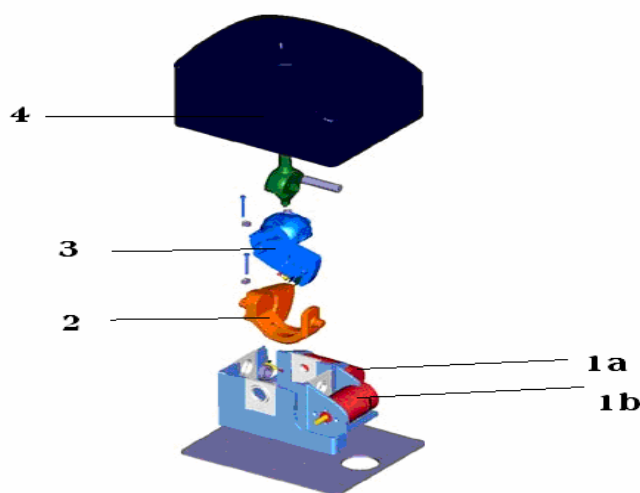
1.1 Ovládací prvky pro komunikaci člověk-stroj

Hlavním ovládacím zařízením analyzovaného invalidního vozíku je dosud ruční ovladač (joystick). Joystick reprezentuje velmi schůdnou cestu komunikace mezi člověkem a strojem. Pomocí tohoto ovladače může člověk pomocí své ruky ovládat například vozík, libovolný předmět ve virtuálním prostředí, mobilní telefon, nebo řízení různých systémů, ve dvou, třech nebo i ve více stupních volnosti (Degrees of freedom, DoF) nejčastěji pro šest stupňů volnosti. Pokud máme ovladač s jedním stupněm volnosti můžeme vytvářet pohyb pouze po jedné ose (osa x). Ovladač s dvěma stupni volnosti přidá možnost pohybu po druhé ose, které jsou navzájem kolmé (osy x , y). Pokud potřebujeme uskutečnit pohyb v prostoru potřebujeme přidat další stupeň volnosti, potom tedy můžeme řídit pohyb po osách (x , y , z). Další možností je rotace kolem jedné, druhé nebo všech tří os. Podle počtu os kolem kterých se bude provádět rotace se zvyšuje počet stupňů volnosti. Informace pro šest stupňů volnosti – tři osová posunutí a tři úhlová pootočení se používá zejména pro ovládání trajektorie bodu v 3-D prostoru. Pro určení pohybu koncového efektoru robota nebo tělesa v 3-D prostoru, je potřebná informace o rotacích (φ , θ , ω) okolo všech tří os (x , y , z). Senzorické systémy na snímání šesti-složkové informace (pro šest stupňů volnosti) můžeme najít na mnoha místech například v letadlech, helikoptérách, ponorkách, vesmírných raketách a satelitech. Obecně se používají nejen pro propojení člověka se stroji ale též pro snímání parametrů trajektorie tělesa. První senzorický systém se 6-ti stupni volnosti byl zkonstruován v sedmdesátých letech v souvislosti s řešením úlohy vkládání kolíku do otvoru pomocí adaptivního robotického systému. Robotická ruka imitovala pohyb lidské ruky tím že uchopený kolík vložila do otvoru s vysokou přesností pomocí silově-momentové zpětné vazby řízené on-line s použitím šesti-složkové informace.

1.1.1 D-Space joystick se silovou zpětnou vazbou

Může být použit jako stolní ovladač, nebo může být integrován do jakéhokoli prostředí. D-Space Force–Feedback Joystick je kompaktní celek realizovaný z pěti základních dílů: Dva stejnosměrné motorky $1a$, $1b$, části 2, 3, představující osu x a y a vlastní ovládací páka 4. Pracovní oblast uvedeného joysticku je na obou osách $\pm 20^\circ$ a síla vyvinutá na páku může být až do 10 Newtonů. Akční člen a optický kodér vysokou rozlišovací schopností připojený k hřídeli motoru umožňuje vysokou šířku přenášeného pásma (až 5kHz) silové

zpětné vazby. Algoritmus řízení joysticku je realizován na PC s DSP (Digital Signal Processing) deskou DS1102 s použitím pomocných procesorů Texas Instruments TMS 320C31. V této verzi komunikace mezi uživatelem PC a DSP deskou probíhá přes dvojitý paměťový port. DSP mění nebo analyzuje informace které jsou měřeny jako jednotlivé sledy čísel. Použití D-Space Force-Feedback Joysticku je různé, například pro řízení lékařských teleoperačních systémů, nebo pro ovládání robota, konkrétně Kuka robot typu KR6.[11]



Obr. 2 D-Space joystick se silovou zpětnou vazbou

Tab. 1 Parametry D-Space joysticku se silovou zpětnou vazbou

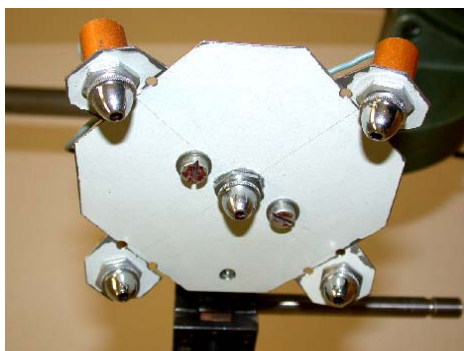
Parametry	Hodnota
Maximální síla	10 N
Maximální točivý moment	1,2 Nm
Rozlišení polohy	0.017 °
Materiál	PU
Velikost	185 x 153 x 250 mm
Napájecí napětí	24 V DC
Maximální výkon na 1 osu	30 W
Šířka pásma systému	10 Hz

1.1.2 IMPULSE ENGINE 2000-joystick se silovou zpětnou vazbou

IMPULSE ENGINE 2000 je firma která se zabývá vývojem kvalitních joysticků se silovou-zpětnou vazbou, které umožňují přesné řízení pohybu ve dvou stupních volnosti. Silová zpětná vazba umožňuje vysokou věrnost hmatového vnímání (haptic interface) prostřednictvím ovládací páky a tím i vnímání změny povrchu, struktury kapaliny, gravitačního pole a dalších faktorů, které lze matematicky popsat. Propojení mezi joystickem a počítačem může komunikovat rychlostí vyšší než 10 kHz a je schopné vytvářet realistické dynamické hmatové vjemy až do frekvence 120Hz při polohové rozlišovací schopnosti 0,0008“ (1100dpi). Ovládání je provedeno přes hnací válečky s minimálním třením, které jsou umístěny po stranách joysticku. Uvedené technické parametry jsou zahrnuté v ceně USD4995. Maximální možná výstupní síla IMPULSE ENGINE 2000 joysticku je 8,9 Newtonů což odpovídá váze kolem 907 gramů a třecí síla vyvolaná zpětnou vazbou nepřesahuje 0,14 Newtonů což je kolem 14 gramů. Velikost ovladače je 15,2 na 15,2 cm. Aplikace joysticku jsou velice rozmanité, může být využíván například v letových simulátorech, nebo při řízení robotických paží.[8]

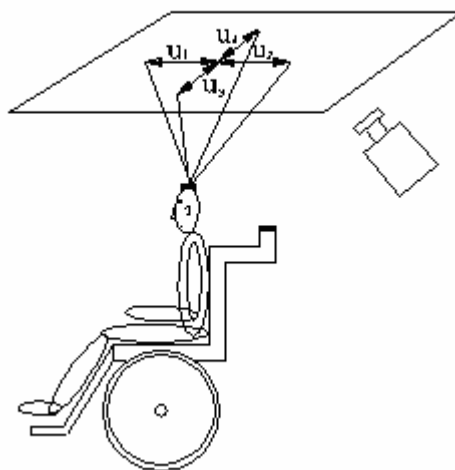
1.1.3 Šesti-složkové silově momentové ovládací zařízení

Tento typ snímače byl navržen v rámci výzkumného projektu na Universitě Tomáše Bati. Uvedené ovládací zařízení je určeno pro kvadroplegiky, tedy pro lidi, kteří ztratili schopnost používat své dolní i horní končetiny. Snímač se skládá z pěti laserových diod alternativně umístěných na hlavě uživatele proti stropu popřípadě mezi sedadlem a kostrou invalidního vozíku za účelem ovládání trajektorie pohybu vozíku. Konstrukční řešení soustavy pěti laserových diod je znázorněno na (Obr. 3). [4], [5]



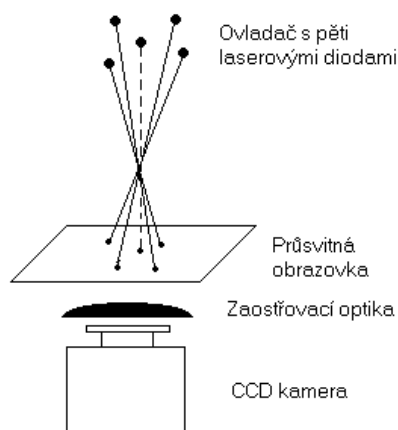
Obr. 3 Konstrukční řešení soustavy laserových diod

Zařízení pro ovládání vozíku pohybem hlavy se skládá s pěti laserových diod a CCD kamery. Čtyři zdroje světla jsou uspořádány do čtverce, pátý je uprostřed a slouží pouze pro nastavení společného průsečíku laserových paprsků. Čtyři krajní diody vyzařují paprsky tak že se navzájem kříží a vytvářejí pomyslné hrany pyramidy v jejíž středu se všech pět paprsků protne v jednom bodě. Tyto paprsky vytváří na stropě místnosti obraz čtyř bodů jejichž polohu snímá CCD kamera. Prvý stupeň volnosti je realizován nakláněním osy x okolo osy y čímž je řízen pohyb dopředu a dozadu. Úhel natočení určuje rychlost jakou se bude vozík pohybovat. Pootočením okolo osy z se řídí pohyb doleva nebo doprava. Snímání CCD kamerou může být řešeno dvěma způsoby, čelně a perspektivě. Snímáním CCD kamerou v perspektivě se rozumí snímání světelných stop zobrazených na stropě místnosti z boční stěny pod úhlem menším než 90° . [5], [6]



Obr. 4 Nepřímé ovládání

Při čelném snímání CCD kamerou se světelné stopy zobrazené na matnici umístěné paralelně se stropem snímají pod úhlem 90° . Tento způsob je znázorněn na (Obr. 4) [5], [6]



Obr. 5 Přímý způsob snímání světelných bodů

Podrobnějším popis algoritmu je uveden v experimentální části.

1.1.4 Hmatové ovládací zařízení (Haptic interface)

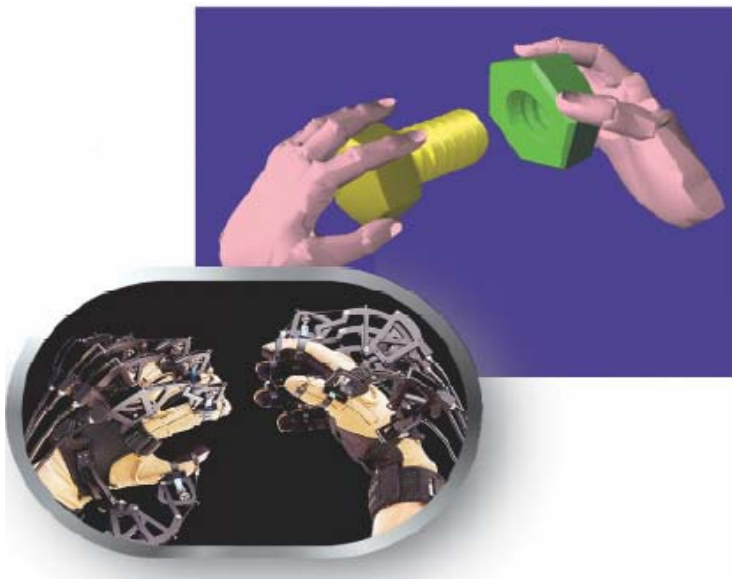
Hmatové ovládací zařízení (Haptic interface) se používá na řízení pohybu robota teleoperátora s použitím silově-momentové zpětné vazby při uchopení křehkého předmětu tak, aby nedošlo k jeho destrukci při použití senzorů umístěných v kybernetické rukavici, která je nasazena na lidskou ruku. Robotická ruka kopíruje přesné pohyby prstů lidské ruky. Jelikož propojení mezi rukavicí a vzdáleným robotem je provedeno bezdrátově můžeme tak ovládat robotickou ruku v nedostupných nebo nebezpečných prostředích (například pro manipulaci ve vakuu, kosmu, v prostředích s velmi vysokou teplotou nebo ve virtuálním prostředí). Další výhodou tohoto ovládání je převádění silového působení na robotickou ruku, které umožňuje pocít síly sevření, například pokud potřebujeme jemně uchopit křehké zkumavky nebo naopak pevně sevřít těžký předmět. Rukavice je konstruována tak že na každý prst zvlášť jsou připojeny systémové pružinky (obdoba šlachy), které jsou propojeny přes skelet umístění na rukavici. Celá rukavice je propojena s pěti akčními členy, pro každý prst jeden, které jsou naprogramované tak aby zabránily prstům uživatele aby pronikl předmětem nebo ho poškodil. Nutnou podmínkou je také silová zpětná vazba, která zprostředkuje vysoce realistický hmatový vjem změn povrchu, tlaku nebo jiných vlastností předmětu nebo okolí. [8]

Technické parametry kybernetické rukavice:

Výstupní síla: 12 Newtonů na každý prst

Váha: 454 gramů (pouze skeletu mimo rukavice)

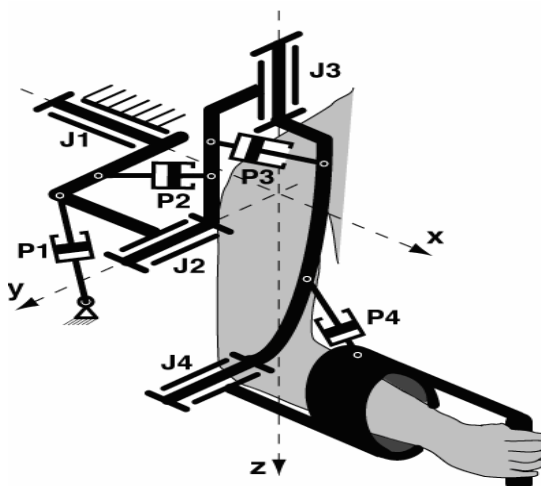
Výrobce: Virtual Technologies, Inc. 2175 Park Boulevard, Palo Alto, CA 9436 USA [8]



Obr. 6 Ukázka použití kybernetické rukavice

1.1.5 Pneumatický haptic interface (PHI)

Konstrukce pneumatického haptic interface je řešena hliníkovými rameny se čtyřmi klouby. Celý systém je připevněn na pravou ruku uživatele a sleduje změny v pohybech ramena a lokte (Obr. 7). Celé zařízení pevně uchyceno za opěradlem židle.



Obr. 7 Funkční schéma pneumatického HI

Kybernetická paže je uzpůsobena na pravou ruku a obsahuje nafukovací polštáře, díky kterým umožňují uživatelské přizpůsobení. Kulový kloub u ramene se skládá ze třech

válečkových kloubů J1, J2 a J3, které jsou umístěny na pomyslných osách x, y, z. Loketní kloub je realizován pomocí válcového spoje J4. Paralelně ke každému válcovému spoji je paralelně připojen lineární snímač polohy. Signály ze snímačů jsou odesílány na desku (Macintosh 7100) pro analogové vyhodnocování rozdílů polohy. Z této desky jsou signály odesílány na analogově digitální (A/D) převodník. Z tohoto převodníku jsou odesílány digitální údaje určené polohy a rychlosti na pracovní místo SGI Indigo2, kde se údaje implementují do virtuálního prostředí. Silová zpětná vazba je převáděna na klouby systému pomocí pneumatických dvojčinných válců (P1, P2, P3 a P4). Každý válec je ovládán vzduchem plněným, elektronicky ovládaným, čtyřcestným ventilem. Dále jsou zde použité snímače tlaku, jako čidla v regulačním obvodu udávající hodnotu akční veličiny silové zpětné vazby. Tlakové signály jsou zesilovány a převáděny opět přes A/D převodník. Pneumatické válce jsou ovládány PD proporcionálně derivačním členem, obsaženým v do Mac 7100 [12].

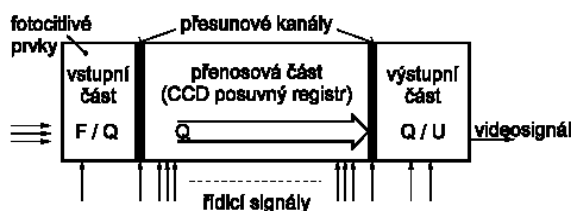
1.2 CCD prvky

Snímací prvky se objevují ve velkém množství nejrůznějších zařízení. Asi nejvíce jsme si CCD spojili s digitálními fotoaparáty a skenery. Najdeme je však i v některých klasických video-kamerách a používají se v různých obměnách v nejrůznějších zařízeních. Jejich funkce je zdánlivě jednoduchá. Jak jméno opisuje, tyto obvody snímají dopadající světlo a převádějí jej do podoby digitálního obrazu. Zkratka CCD v sobě skrývá slovní spojení Charge Coupled Device. Tyto fotocitlivé obvody převádějí dopadající světlo na elektrický náboj. Ten je pak měřen a převáděn do digitální podoby. Každý snímač je složen z velkého množství samostatných miniaturních buněk zaznamenávajících světlo samostatně. Digitální obraz je vždy složen z jednotlivých bodů (anglicky pixel). Každý bod má svojí barvu a jednotlivé body dohromady vytvářejí mozaiku obrazu. [7]



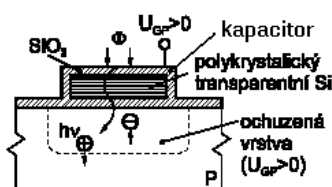
Obr. 8 CCD prvek

Senzor CCD obsahuje vstupní část s fotocitlivými prvky, přenosovou část s posuvnými registry a výstupní část s převodem na napětí videosignálu.



Obr. 9 Blokové schéma CCD senzoru.

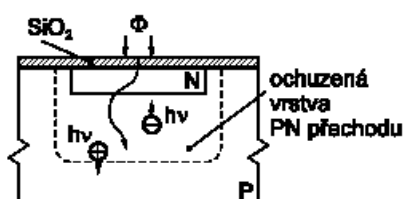
Fotocitlivé prvky mohou být tvořeny kapacitorem MOS znázorněným na (Obr.10), který představuje obecně polovodič, ve kterém se izolace řídicí elektrody dosahuje umístěním oxidu na její povrch.



Obr. 10 Fotocitlivý prvek
CCD senzoru tvořen
kapacitorem MOS.

Kapacitor je tvořen propustnou stěnou SiO_2 , přes kterou do něj vstupuje světelný tok Φ a transparentním polykrystalickým křemíkem. Fotony vytváří ve vrstvě s vodivostí P tzv. ochuzenou vrstvu (ochuzená o díry), ve které se usazují elektrony generované prostupujícím světlem a vytváří záporný elektrický náboj o velikosti úměrné osvětlení. Tato oblast se také nazývá potenciálová jáma a podle své velikosti zachycuje elektrony až do nasycení, po kterém vzniká porušení proporcionality poměru osvětlení-náboj.

Jiný druh fotocitlivého prvku je tvořen ochuzenou vrstvou PN přechodu podle (Obr. 11).

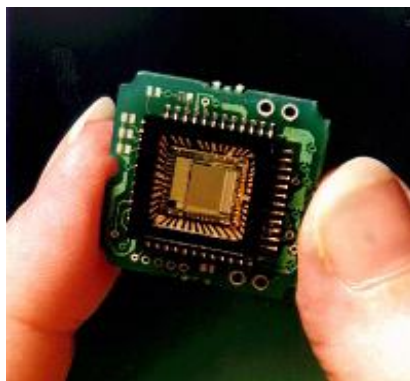


*Obr. 11 Fotocitlivý prvek CCD
senzoru tvořen ochuzenou
vrstvou přechodu PN.*

Zde stejně jako v předchozím případě prostupuje světelný tok přes vrstvu z SiO_2 a přes vrstvu s vodivostí N do vrstvy s vodivostí P. Ochuzená vrstva vzniká pod přechodem PN a vytváří se potenciálová jáma s nábojem podle intenzity osvětlení. Takový fotocitlivý prvek se nazývá také kapacitor **MIS**, který představuje polovodič jehož řídicí elektroda je pokryta izolantem. Přenos náboje ze světlocitlivých prvků se provádí pomocí posuvných registrů pro přenos náboje vytvořených kapacitorem MOS nebo MIS. [1], [7]

1.3 C-MOS prvky

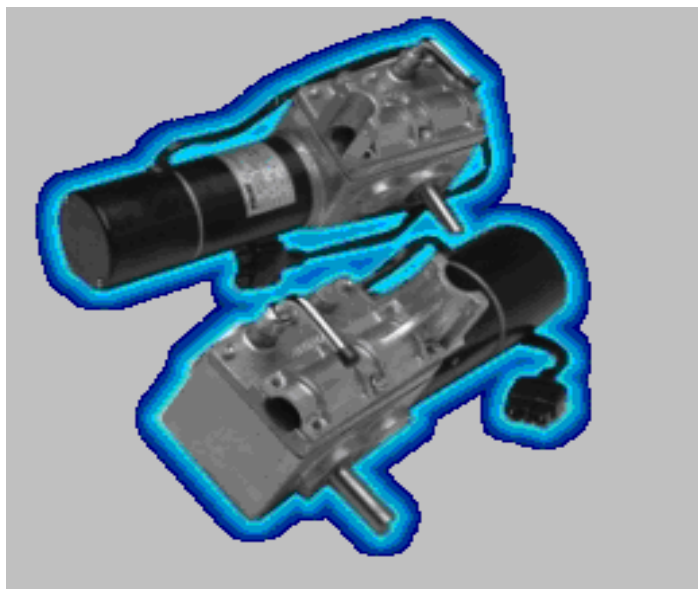
C-MOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) prvky se vyrábějí prakticky stejným způsobem jako procesory. Jejich výhodou oproti CCD prvkům je nízká cena. Současné C-MOS prvky navazují na obdobná zařízení známá už třicet let. Ty nejjednodušší jsou pasivní (PPS - Passive-pixel sensors), která generují elektrický náboj úměrně energii dopadajících paprsků, náboj jde přes zesilovač do analog-digitálního konvertoru jako u běžného CCD. V praxi však dávají tyto pasivní C-MOS špatný obraz. Proto se více uplatňují aktivní C-MOS (APS, Active-pixel.sensors) . Každá světlocitlivá buňka je doplněna analytickým obvodem, který vyhodnocuje šum a aktivně ho eliminuje. Moderní C-MOS už generují obrázky srovnatelné s levnějšími CCD a lze čekat další vývoj. CCD prvky jsou doprovázeny dalšími čipy - každý aparát má minimálně tři další, ale taky sedm. CMOS umožňují integraci specializovaných čipů, například ke stabilizaci nebo kompresi obrazu. Nevýhodou dosavadních CMOS je jejich malá citlivost na světlo. Je to dáno tím, že obvody omezující šum jsou uvnitř buněk. Nedostatek se řeší přidáním miniaturních čoček ke každé buňce a další miniaturizací kompenzačních obvodů.[13]



Obr. 12 C-MOS prvek

1.4 Servomotory invalidních vozíků

Tyto 200 Wattové motory jsou přímo určeny pro aplikaci na invalidní vozík s elektrickým pohonem. Mohou být však použity i pro pohánění jakéhokoli jiného dynamického řídicího systému. Jsou optimalizovány pro vysoký výkon a rozsah. Každý servomotor obsahuje šest základních částí: motor, spojku, převodovku, parkovací brzdu, DX konektor a nosné držáky. Silný permanentní magnety motorů zajišťují vysokou účinnost a výborné procentní zvýšení rychlosti.[14] Servomotory můžeme vidět na (Obr. 13).



Obr. 13 200 wattové servomotory

1.5 Hardwarové vybavení

1.5.1 Digitalizační karta

K nejdůležitějšímu softwarovému vybavení patří karta na zpracování obrazové informace. Používanou kartou je DT3155 od firmy Data Translation Inc. jejímž autorizovaným distributorem v České republice a na Slovensku je firma Neovision. Firma Data Translation je světoznámý výrobce vysoce kvalitních hardwarových i softwarových produktů pro získávání dat, digitalizaci, počítačové vidění a tvorbu a zpracování multimédií. Její produkty dosahují té standardní kvalitu při nízkých cenách.



Obr. 14 DT3155 Přesná monochromatická digitalizační karta pro sběrnici PCI

Neovision distribuuje karty Data Translation pro získávání dat a pro digitalizaci obrazu ve svých průmyslových aplikacích. Také vyvinula a nabízí zdarma vlastní WDM ovladače pro kartu DT3155. Tyto ovladače byly navrženy pro podporu všech funkcí karet DT3155 pod Windows 2000 nebo Windows XP.

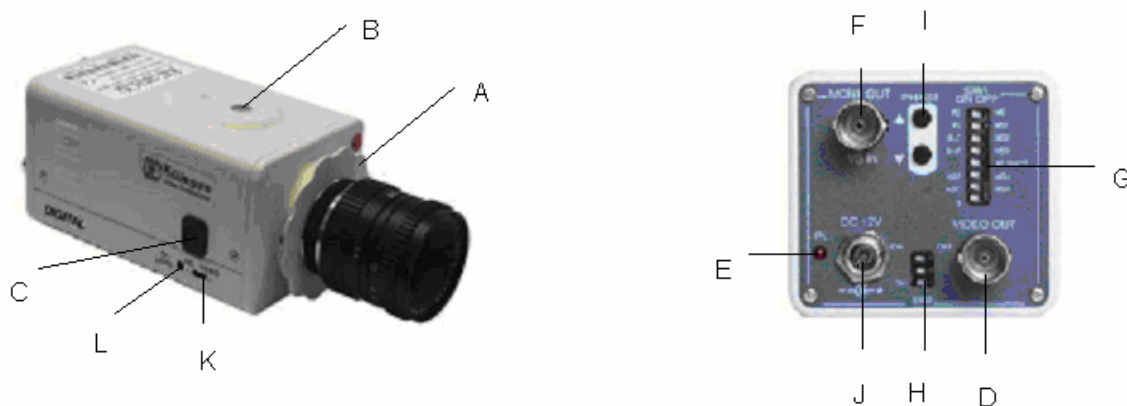
Alternativou je použití vybavení od firmy Epix Inc. založené v roce 1983. Cílem této společnosti je poskytovat cenově efektivní řešení pro zákazníky s náročnými požadavky na získávání, zpracování, analýzu, ukládání, přenos a zobrazování digitálního videa a obrazu.

Firma EPIX, Inc. nabízí řadu digitalizačních desek pro použití jak s digitálními, tak i s analogovými kamerami, spolu se softwarem pro zachytávání, vizualizaci a analýzu.

Neovision úspěšně používá EPIX digitální kamery a digitalizační desky v aplikacích, kde je potřeba získávat obraz o velkém rozlišení a bitové hloubce.[9]

1.5.2 Digitální kamera

Dalším nezbytným prostředkem pro plnou funkčnost systému je digitální kamera. Použit je konkrétně typ KC-381CG od firmy KAMPRO Video Professional. Tato kamera má rozlišení až 600 TV řádek, automatická elektronickou závěrku s možností manuální předvolby času a vysokou citlivost na minimální osvětlení 0,02 Lux F1.2 IRE50. Provedení kamery můžeme vidět na (Obr. 15). [15]



Obr. 15 Provedení digitální kamery

Popis částí a ovládacích prvků

A-Prstenec pro nastavení výtahu objektivu

B-Závit pro připevnění kamery

C-Konektor pro připojení objektivu s automaticky ovládanou clonou

D-Videovýstup (BNC konektor) – VIDEO OUT

E-Kontrolka napájení (LED) – PL

F-Vstup pro externí synchronizaci (VS IN/MONI OUT)

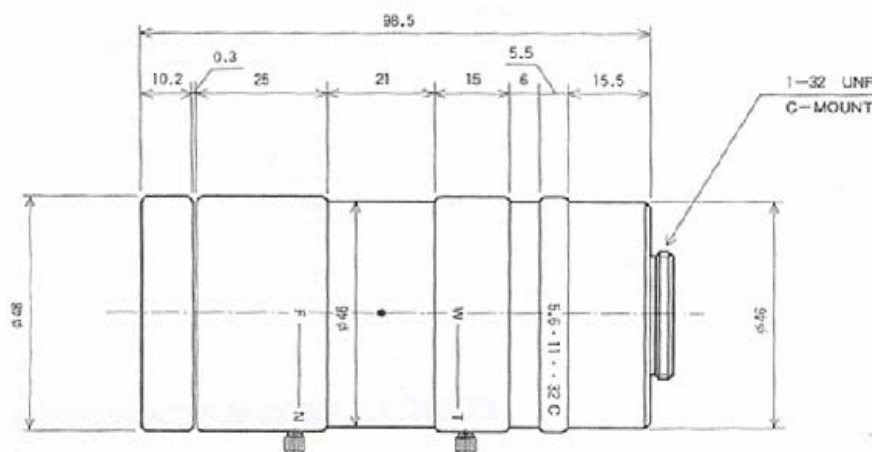
G-Blok mikropřepínačů – SW 1

H-Blok mikropřepínačů – SW 2

I-Tlačítka pro nastavení fázového posunu – PHASE

J-Vstup pro napájení 12 Vss. – DC 12V

Ke kameře je přes její konektor připojen objektiv jehož parametry můžeme vidět na (Obr. 16).



Obr. 16 Parametry objektivu použité kamery

Digitální černobílá CCD kamera má následující parametry:

Tab. 2 Technické specifikace kamery KC -381CG

Počet obrazových bodů	795(H) x 596(V)
Elektronická závěrka	automatická nebo manuální
Rozsah el. závěrky	1/50 ~ 1/100 000 sec
Řízení zisku	automatické AGC/MGC (0 , 6 , 12 , 18 dB)
Výstup pro autoiris	Video Drive / DIREKT Drive
Video výstup BNC	kompozitní signál 1V š-š (75Ω)
Synchronizace	interní nebo Gen-Lock (samostatným BNC vstupem)
Odstup signál/šum	> 50 dB
Rozměry (š x v x h)	57 x 52 x 110 mm
Rozsah pracovních teplot	-10 ~ +50 °C

1.5.3 Laserové diody

Jako zdroje světla, při této práci, byly použity laserové diody typu F-LASER 5MW s optikou o vlnové délce 670 nm, výkonem 4,5 mW, optimálním proudem 50 mA, optimálním napětím 3V a s rozměry 12 x 22 mm.

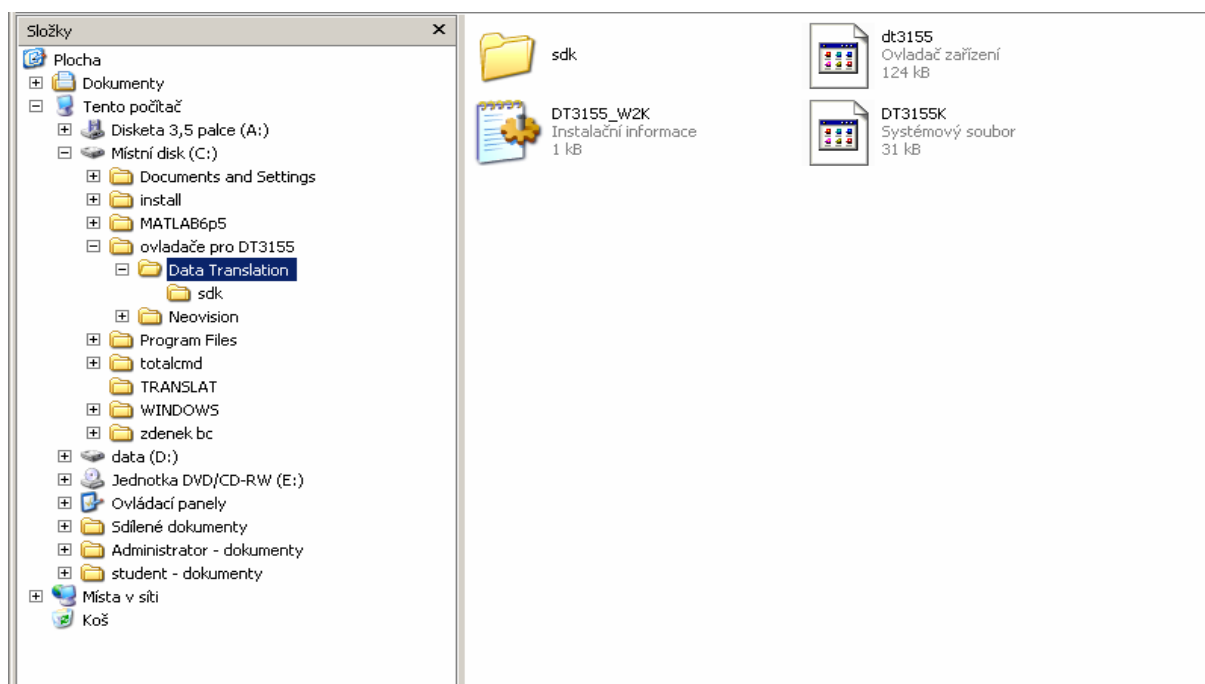


Obr. 17 Laserová dioda typu F-LASER

1.6 Programová podpora

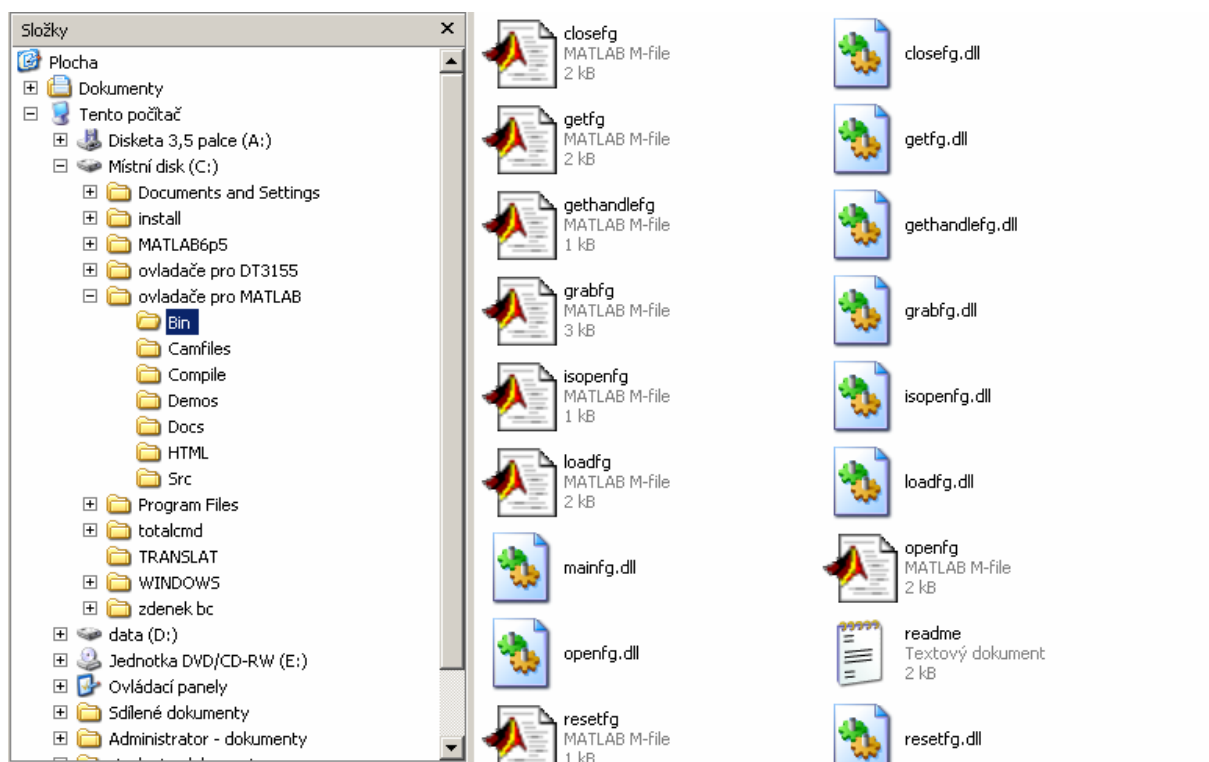
1.6.1 Instalace softwaru

Za účelem zpracování obrazové informace z CCD obrazového snímače je použita digitalizační karta Data Translation DT3155 umožňující vývoj algoritmů pro zpracování obrazové informace v prostředí MATLAB nebo Visual C++. Digitalizační karta DT3155 (Framgrabber) se uvede do činnosti pomocí instalačního firemního CD nosiče. Po této instalaci je možno vystříhnout jednotlivé snímky, popřípadě jejich sekvence. Pro potřeby algoritmického zpracování obrazové informace je zapotřebí nainstalovat příslušné ovladače (drivery) pro komunikaci mezi digitalizační kartou DT3155 a MATLABem. Na internetových stránkách Neovision [9] jsou dostupné systémové ovladače pro digitalizační kartu. Stačí jen na úvodní stránce neovision zadat položku “support“ a zobrazí se nabídka stažení driverů. Po stažení potřebných ovladačů je nainstalujeme následným postupem: Ve složce C:\Data Translation\sdk\ je umístěn spouštěcí instalační soubor setup.exe, kterým se ovladač samostatně nainstaluje, cestu instalace můžeme volit do libovolné složky dle vlastního uvážení. Následně je zapotřebí do zvolené složky přehrát soubory *dt3155.drv* a *dt3155.sys*, které jsou umístěny ve složce C:\Data Translation\.



Obr. 18 Umístění ovladačů pro digitalizační kartu DT3155

Déle je potřebné propojit tuto digitalizační kartu s programovým prostředím MATLAB. K tomu nám slouží ovladače které jsou dostupné na [10]. Tyto ovladače obsahují sedm složek (Bin, Camfiles, Compile, Demos, Docs, Html a SRC). Nejdůležitější jsou první 4 složky, které obsahují nezbytné programy pro schopnost komunikace MATLABu s digitalizační kartou DT1355 a jejichž obsah se musí přehrát do \MATLAB6.5\toolbox\. Další tři obsahují podrobný popis těchto programů.



Obr. 19 Umístění ovladačů pro MATLAB

Po úspěšné instalaci lze program spustit avšak jako spouštěcí adresář musí být nastaven toolbox, který se nachází ve složce Matlab6.5. Z tohoto adresáře musí být taktéž spouštěny všechny programy.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 ANALÝZA VLASTNOSTÍ INVALIDNÍHO VOZÍKU A NÁVRH PŘESTAVBY NA OPTOELEKTRONICKÝ OVLÁDACÍ SILOVĚ MOMENTOVÝ BEZKONTAKTNÍ SYSTÉM

2.1 Analýza invalidního vozíku

2.1.1 Složení invalidního vozíku

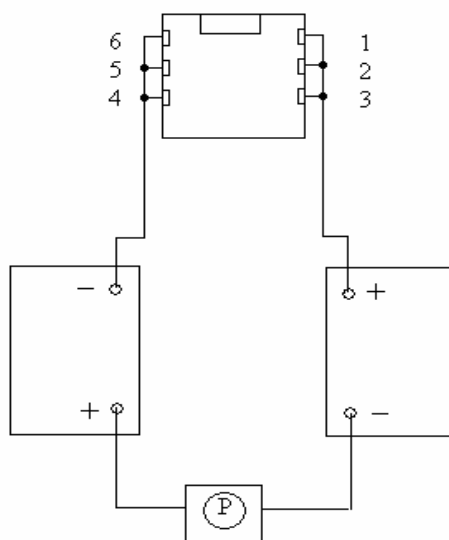
Analyzovaný invalidní vozík je složen ze čtyř základních částí: Podvozek (1), zdrojová část (2), ovládací zařízení (3) pohonné zařízení sestávající ze dvou servomotorů (4), které pohánějí dvě zadní kola (5).



Obr. 20 Analyzovaný invalidní vozík

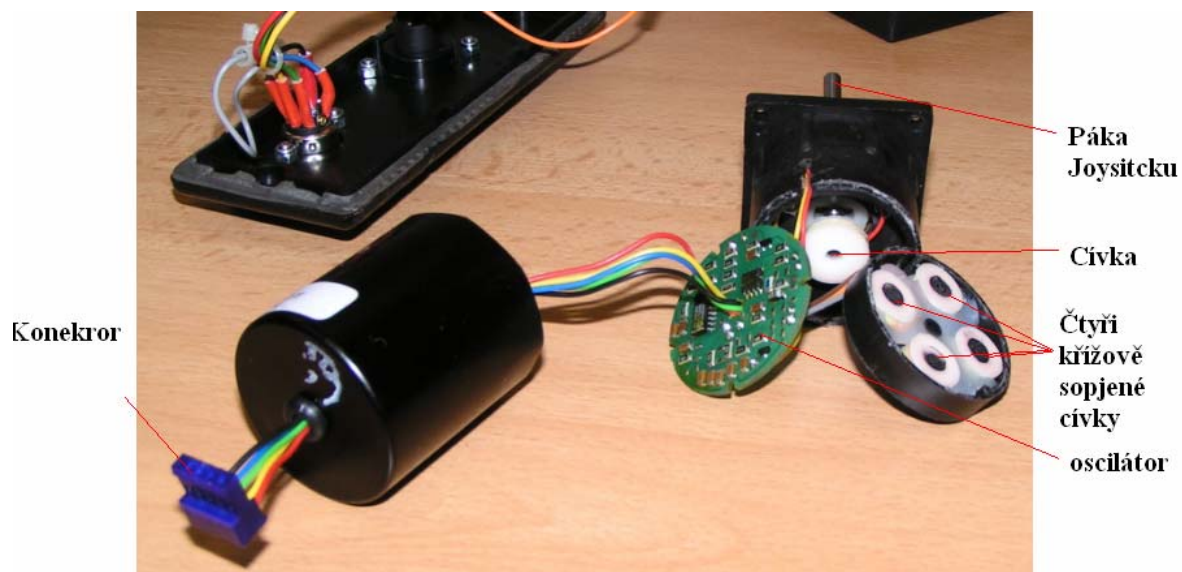
- Zdrojová část – akumulátorové baterie: Napájení ovládacího zařízení i pohonných jednotek je vytvořeno pomocí dvou sériově zapojených dvanácti voltových gelových baterií typu MU1SLDG DATE C1, s nominálním napětím pro každou z nich 12 voltů. Tedy celkové napájecí napětí je 24 voltů stejnosměrných. Baterie jsou propojeny přes pojistku P (23 Voltů, 40 Ampér). Plus a mínus vývod baterie je přiveden na normalizovaný konektor, který má po každé své straně tři kontakty. 1,

2 a 3 pro plus a 4, 5 a 6 pro mínus. Kontakty 1, 2 a 3 jsou navzájem propojeny, taktéž kontakty 4, 5 a 6. Akumulátor je nabíjen přes ovládací zařízení pomocí mikroprocesorově řízeného nabíjecího přístroje typ INVACARE. Schématické zapojení napájení je uvedeno na (Obr. 21).

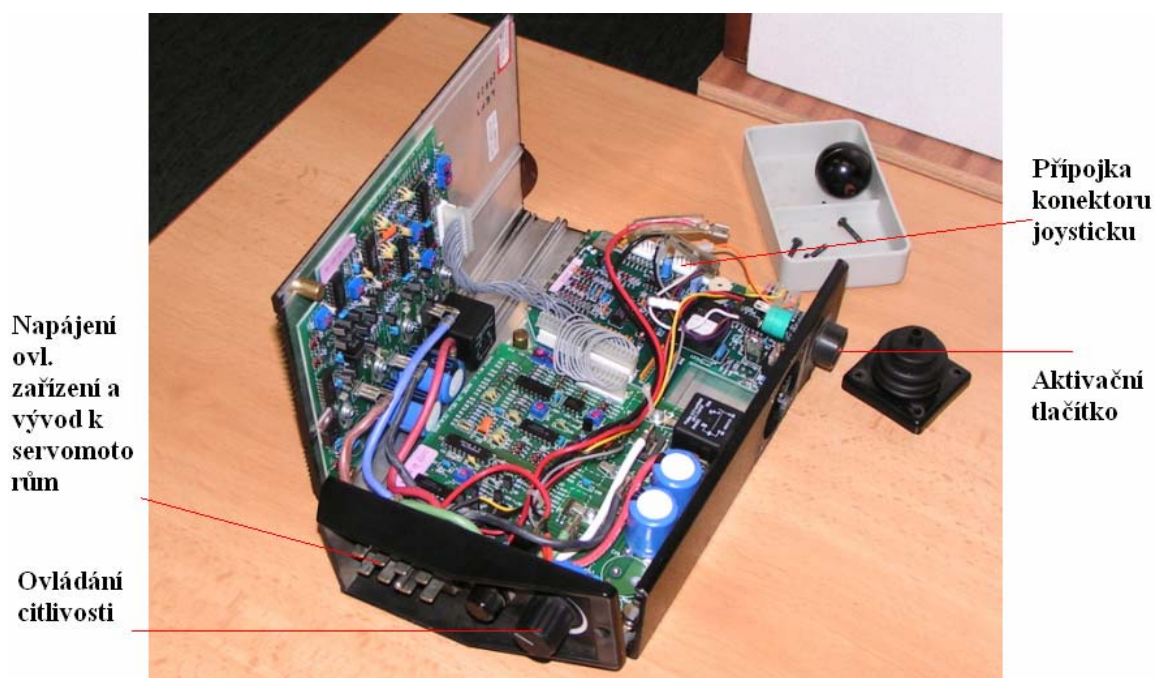


*Obr. 21 Schématické zapojení
napájení invalidního vozíku*

- Ovládací zařízení: Ovládací zařízení je složeno s dynamického joysticku (typ JS4XTDCS DY série g0522), tlačítka pro aktivaci, ovladače citlivosti a vstupního konektoru pro nabíjecí zařízení baterie. Ovládací zařízení je uchyceno ke kostře pomocí horizontálně i vertikálně nastavitelného suportu umožňujícího pohodlné fyziologické přizpůsobení pro uživatele. Ovládání je založeno na principu vzájemné indukčnosti a konstrukčně řešeno pomocí čtyř pevných cívek vůči nimž je pohyblivá pátá cívka uchycená k madlu joysticku. Čtyři pevné cívky jsou po dvojicích křížově propojeny a vyvedeny na oscilátor. K oscilátoru je také vyveden výstup první cívky uchopené k joysticku. Z oscilátoru je vyveden konektor, který je spojen se skříní ovládacího zařízení. Ovládací zařízení je zobrazeno na (Obr. 22 a 23).



Obr. 22 Funkční řešení joysticku

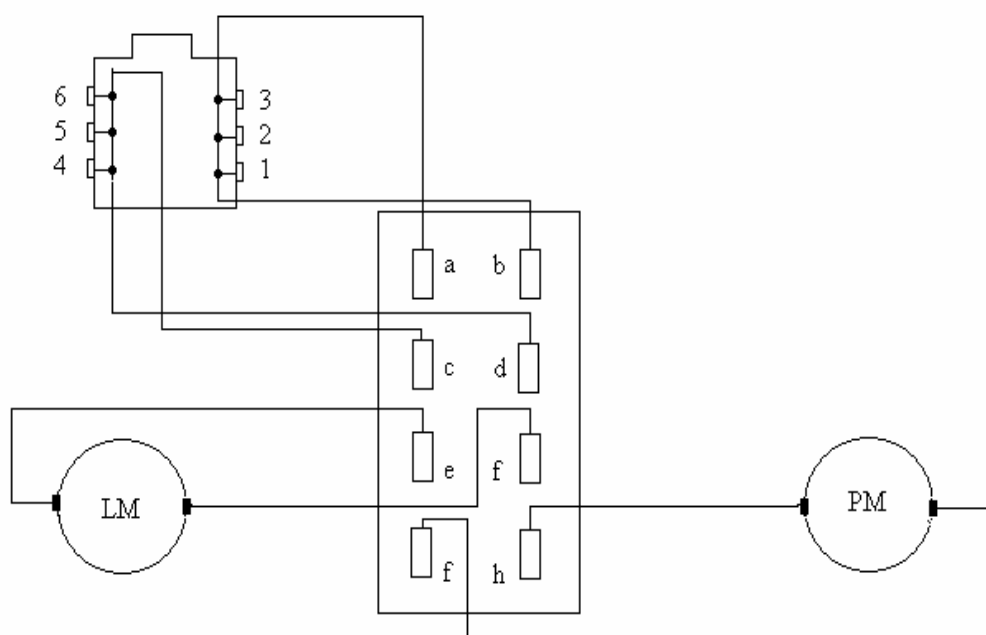


Obr. 23 Ovládací zařízení

- Servomotory: Pohon invalidního vozíku je řešen pomocí dvou servomotorů, které pohánějí dvě zadní kola. Výkon každého servomotoru je 150 Wattů, s maximálním odběrem $I_{\max} = 60$ Ampér. Oba servomotory obsahují přepínač, který umožňuje vyřadit elektrické řízení vozíku za účelem bezrizikové ruční manipulace.

2.1.2 Funkční schéma analyzovaného invalidního vozíku

Výstup zdrojové části je vyveden na konektor, kde kontakty 1, 2 a 3 jsou spojeny s kladným výstupem baterie a kontakty 4, 5 a 6 se záporným. Tento konektor je propojen s dalším konektorem, který má osm zdířek (*a, b, c, d, e, f, g* a *h*) a je připojen na ovládací zařízení. Zdířky *a* a *b* jsou propojeny s kontakty 1, 2 a 3 kladného pólu zdrojové části a zdířky *c* a *d* se záporným pólem zdrojové části. Zdířky *e, f, g* a *h* jsou spojeny se servomotory tak, že (*e, f*) je spojena s pravým motorem (PM) a (*g, h*) s levým motorem (LM). Přesné schéma zapojení je znázorněno na (Obr. 24).



Obr. 24 Schéma zapojení konektorů invalidního vozíku

2.1.3 Naměřené hodnoty na vstupu servomotorů

Měření napětí

Měření napětí na vstupu servomotorů bylo provedeno za účelem zjištění rozsahu ovládacího napětí a za účelem určení svorek ze kterých jdou signály pro ovládání pohybu směrem dopředu a dozadu. Měření bylo provedeno postupně čtyři směry pohybu (dopředu, dozadu, vlevo a vpravo) při sedmi polohách naklonění joysticku pro levý a pravý motor. Poloha naklonění joysticku je úměrná rychlosti vozíku. Výsledek měření je uveden v (Tab. 3, 4, 5, 6) a na (Obr. 25, 26, 27, 28)

Tab. 3 Pohyb dopředu

	Pravý motor		Levý motor	
	zdířka e	zdířka f	zdířka g	zdířka h
Poloha joysticku	U	U	U	U
	[V]	[V]	[V]	[V]
nulové naklonění 0°	-2,0	-2,0	-1,8	-1,8
2	-22,2	14,0	-20,0	13,0
3	-17,3	13,1	-17,2	12,7
4	-15,7	11,8	-15,3	11,3
5	-11,2	10,2	-11,1	9,6
6	-7,0	9,6	-7,2	8,3
7	-3,6	5,0	-3,3	4,0
maximální naklonění 30°	-0,8	-2,0	-0,5	-2,2

Tab. 4 Pohyb dozadu

	Pravý motor		Levý motor	
	zdířka e	zdířka f	zdířka g	zdířka h
Poloha joysticku	U	U	U	U
	[V]	[V]	[V]	[V]
nulové naklonění 0°	-2,0	-2,0	-1,8	-1,8
2	5,8	-15,3	6,2	-15,0
3	4,4	-14,2	4,9	-14,1
4	3,2	-13,8	3,4	-13,2
5	2,5	-13,1	2,8	-12,2
6	2,0	-12,7	2,3	-11,9
7	1,1	-11,9	1,4	-11,2
maximální naklonění 30°	1,0	-10,8	1,0	-11,0

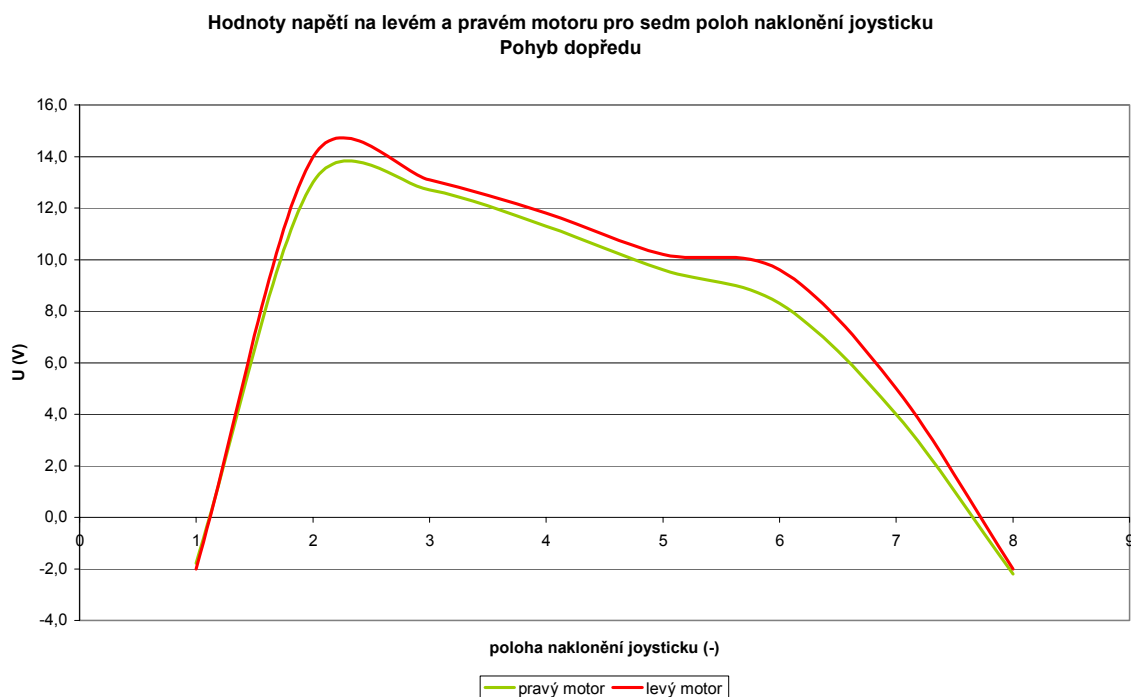
Tab. 5 Pohyb doleva

	Pravý motor		Levý motor	
	zdířka e	zdířka f	zdířka g	zdířka h
Poloha joysticku	U	U	U	U
	[V]	[V]	[V]	[V]
nulové naklonění 0°	-2,0	-2,0	-1,8	-1,8
2	8,0	-10,0	-12,5	9,0
3	6,2	-7,5	-8,2	7,0
4	4,7	-5,6	-6,1	5,1
5	3,3	-3,8	-3,9	3,8
6	2,0	-3,1	-3,5	2,6
7	1,8	-3,6	-3,4	2,1
maximální naklonění 30°	0,5	-0,1	-0,3	0,2

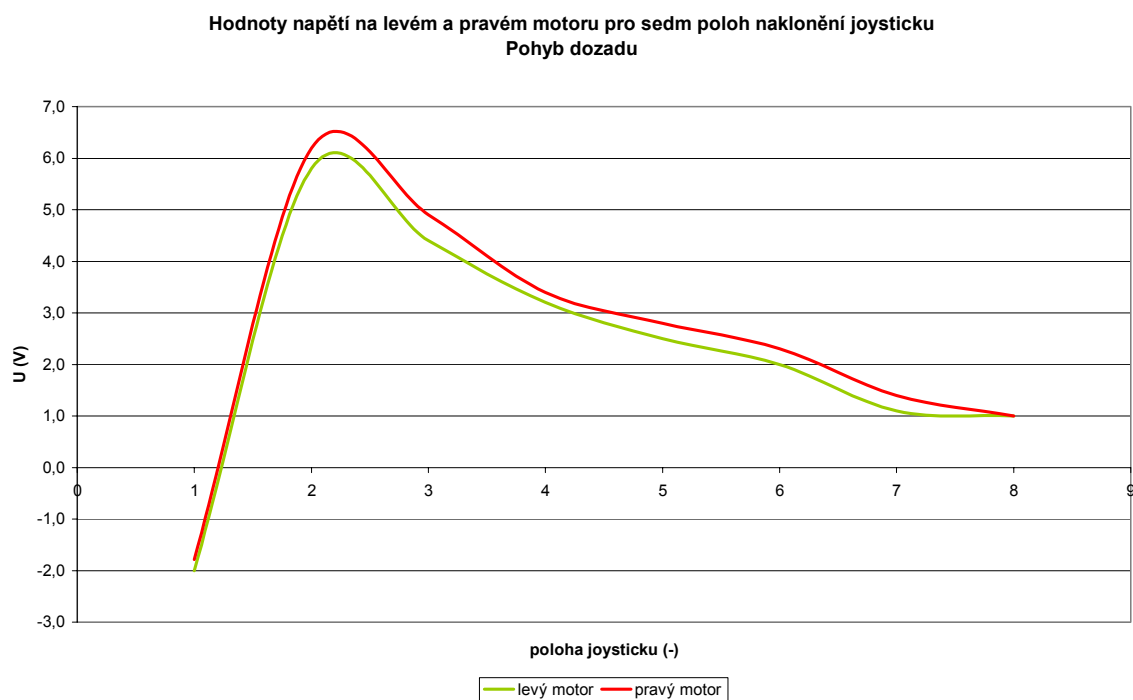
Tab. 6 Pohyb doprava

	Pravý motor		Levý motor	
	zdířka e	zdířka f	zdířka g	zdířka h
Poloha joysticku	U	U	U	U
	[V]	[V]	[V]	[V]
nulové naklonění 0°	-2,0	-2,0	-1,8	-1,8
2	-25,0	14,0	13,6	-25,0
3	-23,6	13,1	12,8	-23,2
4	-22,2	11,8	11,4	-21,3
5	-18,8	10,2	10,3	-18,7
6	-18,1	9,6	9,7	-17,2
7	-17,2	9,2	8,3	-16,5
maximální naklonění 30°	-16,0	8,7	7,8	-15,1

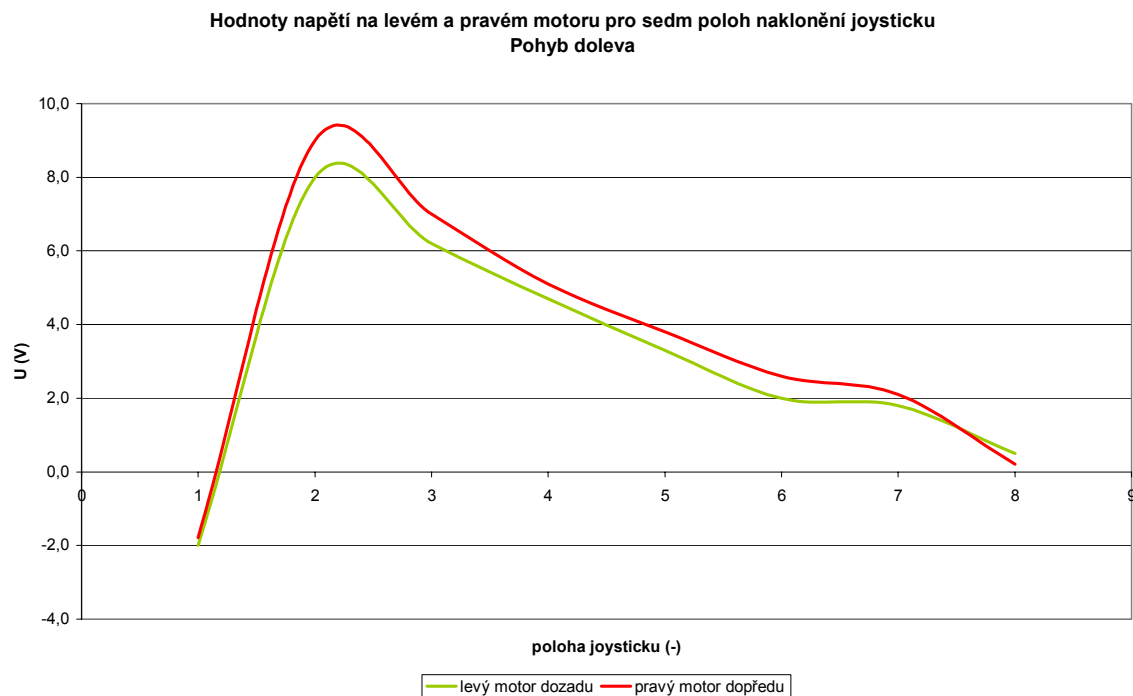
V následujících grafech jsou uvedeny závislosti polohy naklonění joysticku na vstupním napětí servomotorů pro všechny čtyři výše uvedené pohyby.



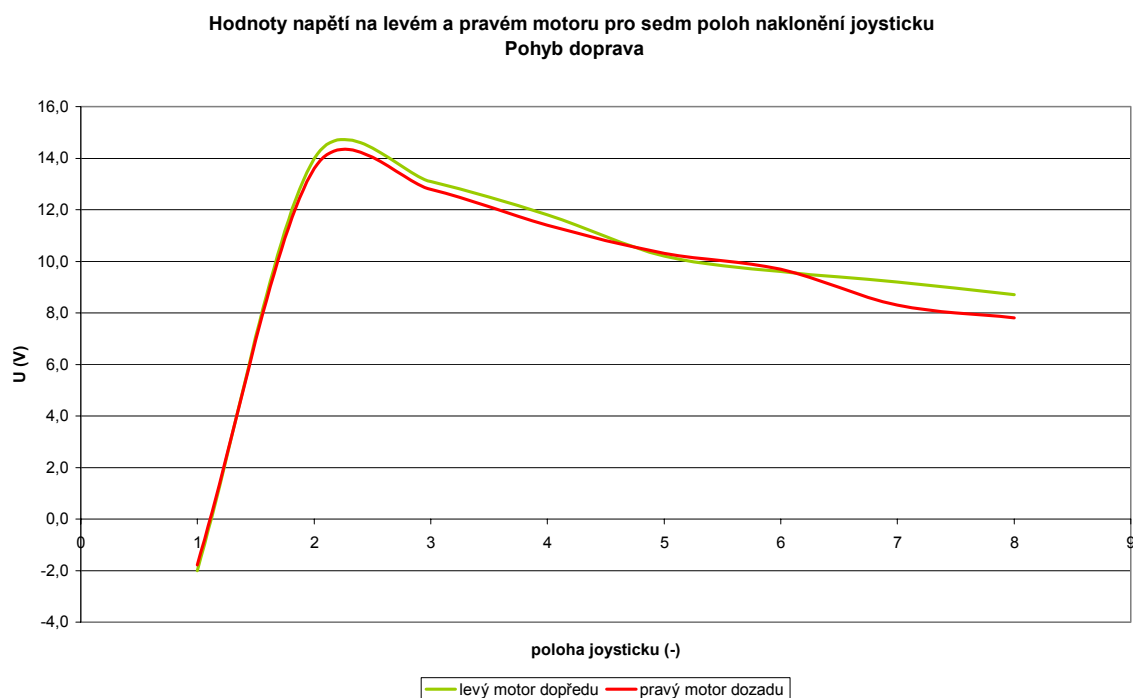
Obr. 25 Závislost vstupního napětí servomotorů na úhlu naklonění joysticku pro pohyb dopředu.



Obr. 26 Závislost vstupního napětí servomotorů na úhlu naklonění joysticku pro pohyb dozadu

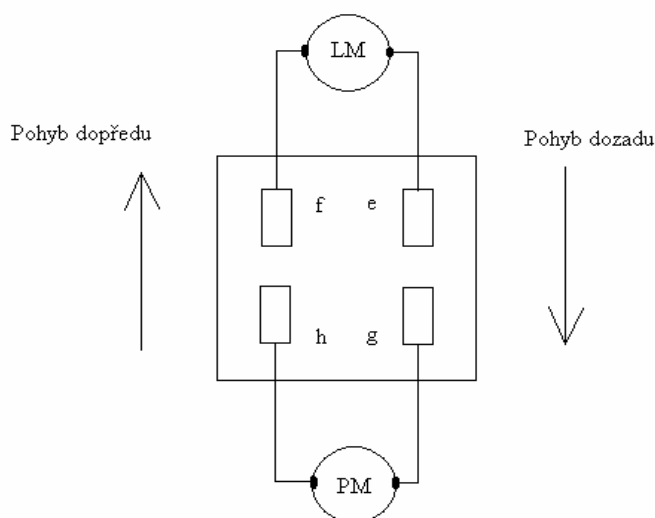


Obr. 27 Závislost vstupního napětí servomotorů na úhlu naklonění joysticku pro pohyb doleva



Obr. 28 Závislost vstupního napětí servomotorů na úhlu naklonění joysticku pro pohyb doprava

Z výsledků je zřejmé, že měření bylo do jisté míry nepřesné z důvodu obtížného nastavení přesné polohy naklonění joysticku. Hlavním cílem měření bylo určit rozsahy napětí a rozhodnout, která svorka slouží pro pohyb dopředu a která pro pohyb dozadu. Z měření je zřejmé, že svorky levého a pravého motoru *f*, *h* slouží pro ovládání pohybu vozíku dopředu a svorky *e*, *g* slouží pro ovládání pohybu dozadu. Pro měření byl použit měřicí přístroj METEX M-3860.



Obr. 29 Řízení směru otáčení servomotorů

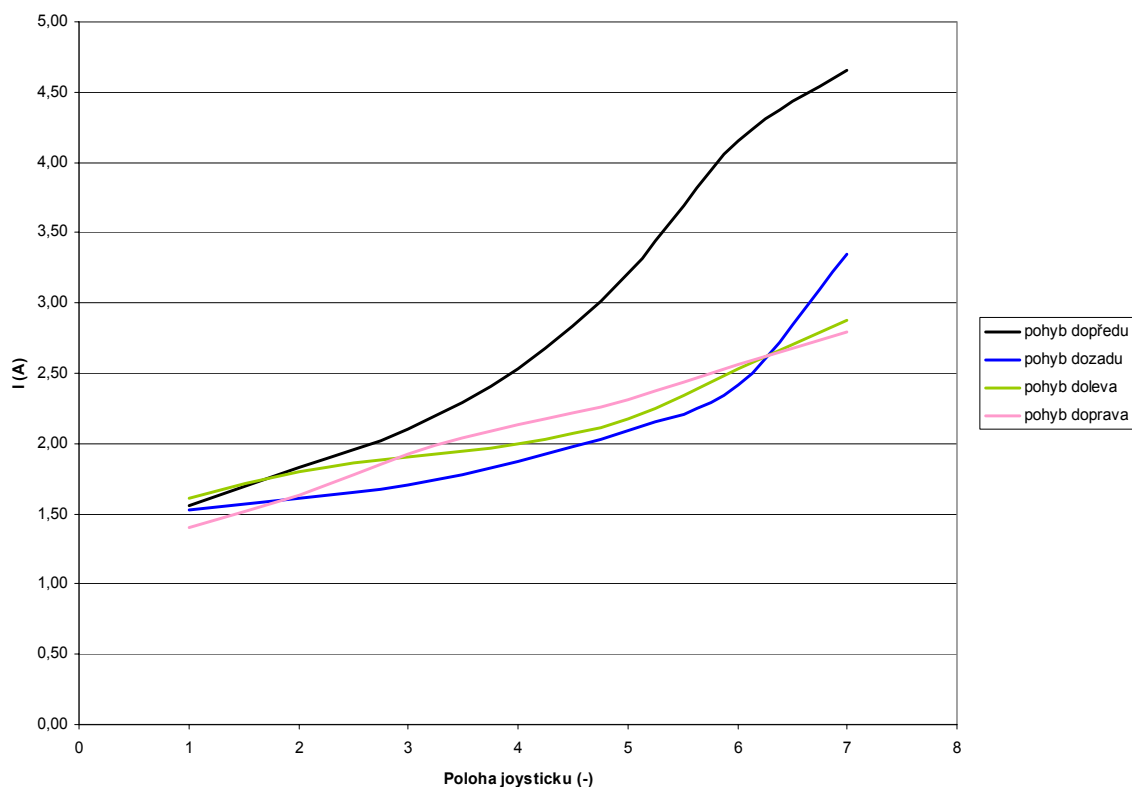
Měření proudů

Další částí bylo měření odebíraného proudu z baterie při řízení dopředu, dozadu, vlevo a vpravo. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v (Tab. 7) a jejich průběhy jsou uvedeny na (Obr. 30).

Tab. 7 Měření proudů

	pohy dopřed b u		dozad u		pohyb doleva		pohy doprav b a	
	U	I	U	I	U	I	U	I
	[V]	[A]	[V]	[A]	[V]	[A]	[V]	[A]
nulové naklonění 0°	-2	0,2	-2	0,2	-2	0,2	-2	0,2
1	14,0	1,82	5,8	1,50	8,0	1,61	13,6	1,70
2	13,1	2,01	4,4	1,70	6,2	1,80	12,8	1,75
3	11,8	2,42	3,2	1,91	5,3	1,93	11,4	1,97
4	10,2	2,90	2,5	2,07	3,3	2,05	10,3	2,15
5	9,6	3,80	2,0	2,29	2,0	2,32	9,7	2,43
6	5,0	4,80	1,1	2,94	1,8	2,84	8,3	2,89
maximální naklonění 30°	-2,0	5,66	1,0	3,91	0,5	3,52	7,8	3,33

Závislosti odebíraného proudu z baterie na polohách joysticku

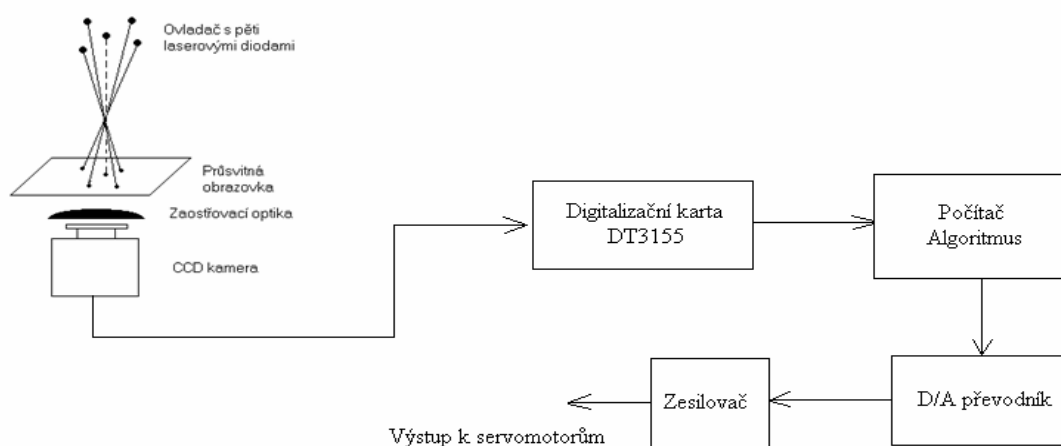


Obr. 30 Závislosti odebíraného proudu na polohách joysticku

2.2 Návrh přestavby na optoelektronický bezkontaktní systém

Systém pro ovládání pohybu invalidního vozíku pomocí pohybu těla uživatele je složen z pěti základních prvků: optoelektronické části ovladače se zářiči, CCD kamery, digitalizační karty DT3155, počítače, digitálně analogového (D/A) převodníku a zesilovače.

Blokové schéma ovládací řetězce je uvedeno na (Obr. 31).

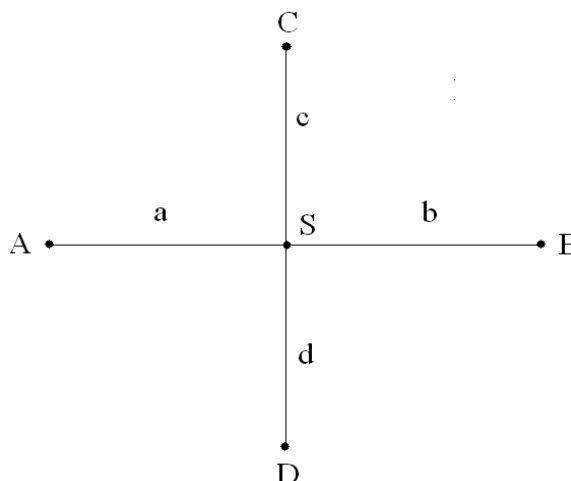


Obr. 31 Blokové schéma bezkontaktního optoelektronického řízení invalidního vozíku

Vozík se pohybuje na základě záměrného pohybu těla uživatele. Celý systém pracuje tak, že mezi sedadlem a podvozkem invalidního vozíku je umístěn ovladač se soustavou pěti laserových diod, které vytváří světelné stopy na stínítku. Polohu světelných stop na stínítku snímá digitální CCD kamera, jejíž obrazový signál je převáděn na digitalizační kartu DT3155, kde se analogová část obrazového signálu digitalizuje. Digitalizovaný signál je po algoritmickém zpracování konvertován pomocí inverzní transformace na požadovaný počet stupňů volnosti ze šesti-složkové informace. Dále je přiveden na digitálně analogový převodník s následnou úpravou amplitudy v zesilovačích. Ze zesilovačů je analogový signál odváděn přímo do servomotorů, které pohánějí invalidní vozík.

2.2.1 Návrh algoritmu

Algoritmus je proveden pro aplikaci na invalidní vozík kde ovladač, ve formě soustavy pěti laserových diod, je umístěn pod sedadlem vozíku a světelné stopy přímo snímá digitální CCD kamera (přímý způsob). Návrh algoritmu vychází z předpokladu, že body A , B , a C , D jsou spojeny přímkami které se protínají ve středu S (Obr. 32). Vzdálenosti bodů od středu jsou v klidové poloze stejně velké.



Obr. 32 Světelné stopy na stínítku

Při záměrném pohybu uživatele do strany nebo dopředu a dozadu se vzdálenosti a, b, c, d zvětší nebo zmenší. Rozhodování o směru pohybu se bude provádět na základě vzájemného poměru navazujících úsečků. To znamená:

- Pokud bude poměr úseček $c/d < 1$ pojede vozík dopředu
- Pokud bude poměr úseček $c/d > 1$ pojede vozík dozadu
- Pokud bude poměr úsečka $a/b > 1$ pojede vozík doprava
- Pokud bude poměr úsečka $a/b < 1$ pojede vozík doleva

Aby bylo možné určit délky přímek, je zapotřebí znát souřadnice všech čtyř bodů. Ty se získají zpracováním obrazové informace z kamery. Dále je zapotřebí určit souřadnice středu S . Jestliže bod A , B a C , D jsou propojeny přímkami potom tyto přímky můžeme popsat následujícími rovnicemi, kde x_A a y_A jsou souřadnice bodu A a x_B a y_B souřadnice bodu B .

$$\begin{aligned} x_1 &= x_A + (x_B - x_A) \cdot t \\ y_1 &= y_A + (y_B - y_A) \cdot t \end{aligned} \quad (1)$$

Pro interval $t \in (-\infty, +\infty)$ je možné z rovnic vyloučit parametr t . Potom tedy lze přímky popsat obecnou rovnicí přímky (2), z které následně určíme souřadnice bodu S za předpokladu že platí rovnice (3), která určuje zda jsou přímky navzájem různé nebo ne [2].

$$\begin{aligned} a_1 x_1 + b_1 y_1 + c_1 &= 0 \\ a_2 x_2 + b_2 y_2 + c_2 &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix} \neq 0 \quad (3)$$

Potom je možné určit vzdálenost mezi jednotlivými body A, B, C, D a středem S . Vzdálenosti přímek a, b, c, d jsou popsány v rovnici (4).

$$\begin{aligned} a &= \overrightarrow{SA} = \sqrt{(x_A - x_S)^2 + (y_A - y_S)^2} \\ b &= \overrightarrow{SB} = \sqrt{(x_B - x_S)^2 + (y_B - y_S)^2} \\ c &= \overrightarrow{SC} = \sqrt{(x_C - x_S)^2 + (y_C - y_S)^2} \\ d &= \overrightarrow{SD} = \sqrt{(x_D - x_S)^2 + (y_D - y_S)^2} \end{aligned} \quad (4)$$

kde: x_A, y_A – souřadnice bodu **A**

x_B, y_B – souřadnice bodu **B**

x_C, y_C – souřadnice bodu **C**

x_D, y_D – souřadnice bodu **D**

x_S, y_S – souřadnice bodu **S**

Dále je zapotřebí definovat tzv. mrtvou zónu z důvodů fyziologického roztřesení těla. Kdyby nebylo toto opatření zavedeno mohlo by dojít k nežádoucímu pohybu vozíku i při malých pohybech. Mrtvá zóna je definována poměry a/b a c/d v intervalu $<0.8, 1.2>$. Změna směru doleva či doprava se uskutečňuje pomocí rozdílu úhlové rychlosti otáčení obou servomotorů. Rozdíl v počtu otáček za minutu se uskutečňuje pro každý motor zvlášť. Rozdíl je odvozen z difference veličiny a/b . Jízda do strany je uskutečněna zpomalováním a zrychlováním běhu motorů. Snižování běhu motorů se provádí na základě hodnot poměru úseček c a d , tak že pro $c/d > 1,2$ se zpomalí běh levého motoru a pro $c/d < 0,8$ se zpomalí běh pravého motoru.

2.2.2 Návrh digitálně analogového převodníku

Výstupní hodnoty řídicích veličin z mikroprocesoru jsou digitální ale servomotory jsou řízeny analogově. Proto je zapotřebí zařadit do ovládacího řetězce D/A - digitálně analogový převodník. Prvním krokem při návrhu D/A převodníku je určení počtu vstupních bitů. K tomu je zapotřebí znát rozlišení digitální CCD kamery. Pro čtvercovou CCD kameru o 600x600 obrazových elementech bude rozlišení maximálně 600 poloh. Počet vstupních bitů se tedy určí podle vztahu (5).

$$600 = 2^n \quad (5)$$

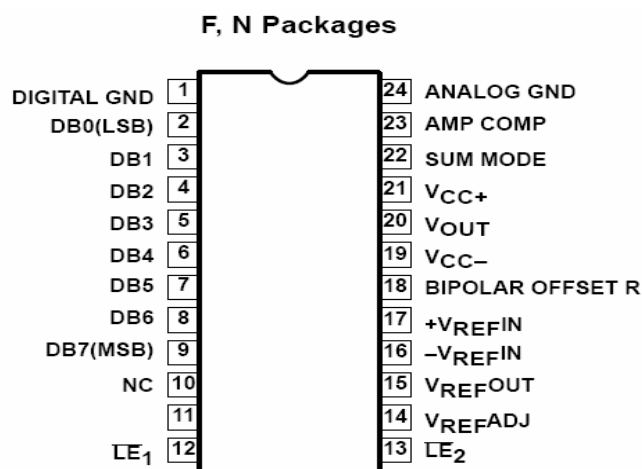
Rovnici se zlogaritmujeme a upravíme.

$$\log 600 = \log 2^n \quad (6)$$

$$2,778 = n \cdot \log 2 \quad (7)$$

$$n = \frac{2,778}{\log 2} = 9,228 \quad (8)$$

Výsledek rovnice (8) je možno zaokrouhlit na počet vstupních bitů 10. Odpovídající deseti bitový D/A převodník byl zvolen podle katalogu firmy Philips typ NE5020 (Obr. 33). Výstupní napětí převodníku je 0-10 Voltů. Jelikož nejnižší napětí na vstupu servomotorů bylo 14 Voltů je zapotřebí výstupní signál D/A převodníku zesílit zesilovačem. Výpočet zesílení potřebného zesilovače je uveden v rovnici (9).



Obr. 33 Digitálně analogový převodník NE5020

$$A = \frac{U_{výst}}{U_{vst}} = \frac{14}{10} = 1,4 \quad (9)$$

Potřebné zesílení zesilovače je potom tedy 1,4.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou dostupného elektronického invalidního vozík řízeného pomocí ručního joysticku a následným návrhem přestavby na optoelektronický silově momentový bezkontaktní systém. Prvním úkolem bylo zhodnocení stávajícího stavu techniky v oblasti ručních ovladačů pro různé stupně volnosti. Tato problematika je zachycena v teoretické části. V teoretické části jsou také popsány hardwarové vybavení potřebné pro realizaci systému, například digitální CCD kamera, servomotory, laserové diody atd. Další kapitolou teoretické části je podrobný postup instalace softwarových prostředků (ovladačů), které jsou nezbytně nutné pro realizaci systému. Praktická část je zaměřena na analýzu invalidního vozík. Je zde uvedeno funkční schéma invalidního vozíku a naměřené hodnoty napětí na vstupech servomotorů. Taktéž je zde zaznamenán odebíraný proud z baterie. Druhou kapitolu praktické části tvoří návrh přestavby na optoelektronický ovládací silově momentový bezkontaktní systém. V této kapitole je obsažen podrobný popis návrhu algoritmu, pomocí kterého je ovládaný invalidní vozík, návrh řídicího řetězce ve formě blokového schématu a návrh digitálně analogového převodníku. V příloze je zaznamenán simulační program vytvořený v programovém prostředí MATLAB.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KREIDL M., *Senzory*. Vydavatelství ČVUT, Praze 1993. 141 s.
- [2] ŠKRÁŠEK J., *Základy vyšší matematiky I.A.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1969, 268s.
- [3] SÁSIK J., *Viaczložkové snímače síl a momentov*, Bratislava: Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, 2000, 203s, ISBN 80-227-1438-0.
- [4] KVASNICA M., *Inteligentní optoelektronické snímače v robotice*. Kandidátská disertační práce. Banská Bystrica: Slovenská akadémia vied. 1993.
- [5] KVASNICA M., Head Joystick and Interactive Positioning for the Wheelchair Proceeding of the ICOST 2003. In *1th IEEE International Conference on Smart Homes and Health Telematics*. Paris, 2003, France.
- [6] KVASNICA M., Six-DOF Force-Torque Transducer for Wheelchair Control by Means of Body Motion. The lecture and the abstract in the program www.ro-man.org of the RO-MAN 2003. In *12th IEEE International Wokshop on Robot and Human Interactive Communicaton*. Millbrae, 2003, California, USA.
- [7] <http://nwit.pedf.cuni.cz/litoj8yz/pc4web/ccd.htm>
- [8] <http://www.immerse.com>
- [9] <http://www.neovision.cz>
- [10] <http://www.mathworks.com/>
- [11] <http://www.dlr.de>
- [12] <http://cyborg.seas.smu.edu/syslab/PHI/MasterArm.html>
- [13] <http://digineff.cz/cojeto/cmos/cmos.html>
- [14] <http://dynamicmobility.co.nz>
- [15] <http://www.elektrorevue.cz/clanky/01034/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Dof	Stupeň volnosti
3-D	Trojrozměrný prostor
dpi	Dílek na palec
CCD	Prvky citlivé na světlo
PHI	Pneumatické hmatové ovládací zařízení
A/D	Analogově digitální převodník
D/A	Digitálně analogový převodník
MOS	Polovodič s řídicí elektrodou potaženou vrstvou oxidu
SiO ₂	Chemická značka oxidu křemičitého
Φ	Světelný tok
P	Oblast, kde je nadbytek děr s kladným nábojem
N	Oblast, kde je nadbytek elektronů se záporným nábojem
PN	Přechod mezi oblastmi P a N
MIS	Polovodič s izolovanou řídicí elektrodou
C-MOS	Prvky citlivé na světlo
Lux	Jednotka osvětlení
LED	Svítící dioda
n	Počet bitů digitálně analogového převodníku
U _{výst}	Výstupná napětí zesilovače
U _{vst}	Vstupní napětí zesilovače
A	Zesílení zesilovače

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Invalidní vozík s robotickou rukou nasazující brýle.....</i>	<i>6</i>
<i>Obr. 2 D-Space joystick se silovou zpětnou vazbou</i>	<i>9</i>
<i>Obr. 3 Konstrukční řešení soustavy laserových diod</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 4 Nepřímé ovládání</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 5 Přímý způsob snímání světelných bodů</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 6 Ukázka použití kybernetické rukavice</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 7 Funkční schéma pneumatického HI</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 8 CCD prvek</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 9 Blokové schéma CCD senzoru.</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 10 Fotocitlivý prvek CCD senzoru tvořen kapacitorem MOS.....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 11 Fotocitlivý prvek CCD senzoru tvořen ochuzenou vrstvou přechodu PN.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 12 C-MOS prvek.....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 13 200 wattové servomotory.....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 14 DT3155 Přesná monochromatická digitalizační karta pro sběrnici PCI</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 15 Provedení digitální kamery</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 16 Parametry objektivu použité kamery.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 17 Laserová dioda typu F-LASER.....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 18 Umístění ovladačů pro digitalizační kartu DT3155.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 19 Umístění ovladačů pro MATLAB</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 20 Analyzovaný invalidní vozík</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 21 Schématické zapojení napájení invalidního vozíku.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 22 Funkční řešení joysticku</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 23 Ovládací zařízení.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 24 Schéma zapojení konektorů invalidního vozíku</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 25 Závislost vstupního napětí servomotorů na úhlu naklonění joysticku pro pohyb dopředu.</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 26 Závislost vstupního napětí servomotorů na úhlu naklonění joysticku pro pohyb dozadu.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 27 Závislost vstupního napětí servomotorů na úhlu naklonění joysticku pro pohyb doleva.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 28 Závislost vstupního napětí servomotorů na úhlu naklonění joysticku pro pohyb doprava</i>	<i>32</i>

<i>Obr. 29 Řízení směru otáčení servomotorů</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 30 Závislosti odebíraného proudu na polohách joysticku</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 31 Blokové schéma bezkontaktního optoelektronického řízení invalidního vozíku</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 32 Světelné stopy na stínítku</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 33 Digitálně analogový převodník NE5020</i>	<i>37</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Parametry D-Space joysticku se silovou zpětnou vazbou</i>	<i>9</i>
<i>Tab. 2 Technické specifikace kamery KC -381CG</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 3 Pohyb dopředu.....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 4 Pohyb dozadu</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 5 Pohyb doleva</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 6 Pohyb doprava.....</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 7 Měření proudů</i>	<i>33</i>

SEZNAM PŘÍLOH

P I Simulační program algoritmu

```
a=input('Zadej délku přímky a : ');
```

```
b=input('Zadej délku přímky b : ');
```

```
c=input('Zadej délku přímky c : ');
```

```
d=input('Zadej délku přímky d : ');
```

```
M=[0 0 0;1 0 0;1 1 0;0 1 0;0 0 1;1 0 1;1 1 1;0 1 1];
```

```
osy=subplot('Position',[0.05 0.27 0.9 0.7])
```

```
patch('Vertices',M,'Faces',[1 2 6 5;2 3 7 6;3 4 8 7;4 1 5 8;1 2 3 4;5 6 7  
8],'FaceVertexCData',hsv(6),'Facecolor','flat')
```

```
axis([-5 5 -5 5 -5 5])
```

```
grid on
```

```
i=0.01;
```

```
for k=0:0.01:5
```

```
    %doprava
```

```
    if (a/b>1.2)
```

```
        M=M+[i 0 0;i 0 0;i 0 0;i 0 0;i 0 0;i 0 0;i 0 0];
```

```
        cla;
```

```
        patch('Vertices',M,'Faces',[1 2 6 5;2 3 7 6;3 4 8 7;4 1 5 8;1 2 3 4;5 6 7  
8],'FaceVertexCData',hsv(6),'Facecolor','flat');
```

```
        pause(0.01);
```

```
    end;
```

```
    %dopredu
```

```
    if (c/d<0.8)
```

```
        M=M+[0 -i 0;0 -i 0;0 -i 0;0 -i 0;0 -i 0;0 -i 0;0 -i 0];
```

```
        cla;
```

```
        patch('Vertices',M,'Faces',[1 2 6 5;2 3 7 6;3 4 8 7;4 1 5 8;1 2 3 4;5 6 7  
8],'FaceVertexCData',hsv(6),'Facecolor','flat');
```

```
        pause(0.01)
```

```
end;

%doleva

if (a/b<0.8)

    M=M+[-i 0 0;-i 0 0;-i 0 0;-i 0 0;-i 0 0;-i 0 0;-i 0 0];

    cla;

    patch('Vertices',M,'Faces',[1 2 6 5;2 3 7 6;3 4 8 7;4 1 5 8;1 2 3 4;5 6 7
        8],'FaceVertexCData',hsv(6),'Facecolor','flat');

    pause(0.01);

end;

%dozadu

if (c/d>1.2)

    M=M+[0 i 0;0 i 0;0 i 0;0 i 0;0 i 0;0 i 0;0 i 0];

    cla;

    patch('Vertices',M,'Faces',[1 2 6 5;2 3 7 6;3 4 8 7;4 1 5 8;1 2 3 4;5 6 7
        8],'FaceVertexCData',hsv(6),'Facecolor','flat');

    pause(0.01);

end;

end;
```

