ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra řídící techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vzducholoď – přenos dat

Vedoucí práce

doc. Ing. Jiří Bayer, CSc.

Autor

Petr Řimnáč

Praha 2010

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Petr Řimnáč**

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (bakalářský), strukturovaný
Obor: Kybernetika a měření

Název tématu: **Vzducholoď - přenos dat**

Pokyny pro vypracování:

1. Navrhněte a realizujte optimální variantu přenosové cesty videosignálu z miniaturní barevné kamery umístěné na vzducholodi do stacionární stanice realizované počítačem PC.
2. K přenosu dat použijte jeden ze standardních typů přenosu BlueTooth nebo WiFi.
3. Jednou ze základních podmínek realizace přenosových prostředků je minimální váha a minimální spotřeba prostředků umístěných na vzducholodi.

Seznam odborné literatury:

DP Műller, Bittner 2008

Vedoucí: Doc.Ing. Jiří Bayer, CSc.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2008/09

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

L.S.

doc. Ing. Boris Šimák, CSc.
děkan

V Praze dne 27. 2. 2009

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze, dne ……. ……

podpis

Poděkování

Děkuji především vedoucímu své bakalářské práce panu doc. Ing. Jiřímu Bayerovi, CSc., za odborné vedení práce, pozitivní přístup a za cenné rady a připomínky. Dále také děkuji panu bc. Jiřímu Kubiasovi za konzultace v oblasti programování. V neposlední řadě také děkuji svým rodičům za podporu během celé doby studia a psaní této práce.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá sestrojením stabilizované senzorové plošiny pro model vzducholodě a řízením této plošiny dle získaných dat z polohových senzorů. Popisuje způsob umístění digitální kamery na tuto plošinu a bezdrátový přenose obrazových dat z této kamery do obslužného PC.

Práce obsahuje popis hardwarového i softwarového vybavení použitého při realizaci, důvody výběru konkrétních zařízení a také stručný popis technologií které dané zařízení využívají.

Dále obsahuje zdrojový kód navrženého řídícího algoritmu a v příloze důležité katalogové listy použitých zařízení.

Anotation

This bachelor thesis deals with construction of stabilised sensor platform for a model of airship and also deals with controlling of this platform by using data from position sensors. It describes placement of the digital camera to this platform and wireless data transfer of image data from camera to PC.

This work contains description of hardware and software which was used during realization, reasons why was particular hardware chosed and also brief description of technologies which this hardware used.

Also is included a source code of designed control algorithm and in appendix are included datasheets of used devices.

Obsah

1. Kapitola 1

Úvod 1

1.1 Úkol práce 1
1.2 Stav před zahájením práce 2
1.2.1 Model vzducholodě 2
1.2.2 Quadrotor 3
1.2.3 Stabilizovaná senzorová plošina pro quadrotor 4
1.3 Shrnutí práce 4

2. KAPITOLA 5

Hardwarové vybavení 5

2.1 Řídící systém 5
2.1.1 Deska LPCeurobot s ARM7 LPC2119 5
2.1.2 Rozšiřující deska ebBoard 6
2.2 Senzorový systém 8
2.2.1 Jednotka inerciálních měření (INU) 8
2.3 Pohybový systém 11
2.3.1 Servomotory Futaba S3154 11
2.3.2 Servomotor Hitec HSR-5990TG 12
2.4 Kamerový systém 13
2.4.1 Modul CMUcam3 14
2.4.2 Kamerový modul s chipem Omnivision OV7620 15
2.5 Systém přenosu dat 16
2.5.1 Overo™ Gumstix Fire Com 16
2.5.2 Technologie Bluetooth 17
2.5.3 Technologie Wi-Fi 18

3. KAPITOLA 19

Realizace 19

3.1 Popis způsobu realizace 19

3.1.1 Získávání dat z jednotky inerciálních měření 20
3.1.2 Stabilizovaná senzorová plošina pro vzducholoď 21
3.1.3 Stabilizovaná senzorová plošina pro quadrotor 21
3.1.4 Bezdrátový přenos obrazových dat do PC 21
3.2 Napájení 22
3.3 Hmotnosti 23

4. KAPITOLA 24

Softwarové vybavení 24
4.1 Řízení stabilizované senzorové plošiny 24
4.1.1 Popis algoritmu 24
4.1.2 Způsob programování 24
4.2 Kamerový systém 25
4.2.1 Software na modulu CMUcam3 25
4.2.2 Software na obslužném PC 25

5. KAPITOLA 27

Závěr 27
5.1 Možné uplatnění 27
5.2 Návaznost na tuto práci 27
5.3 Shrnutí 27

Příloha A. - Schema desky LPCeurobot 29

Příloha B. - Zapojení procesoru LPC2119 30

Příloha C. - Schema rozšiřující desky ebBoard 31

Příloha D. - Blokové schema a zapojení CMUcam3 32

Příloha E. - Obsah přiloženého CD 33

LITERATURA 34

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Model vzducholodě (zdroj: J. Bittner) 2
Obrázek 1.2: Model quadrotoru (zdroj: P. Heinrich) 3
Obrázek 1.3: Stabilizovaná senzorová plošina pro quadrotor 4
Obrázek 2.1: Deska LPCeurobot s ARM LPC2119 5
Obrázek 2.2: Rozšiřující deska ebBoard 7
Obrázek 2.3: Jednotka inerciálních měření (INU) 8
Obrázek 2.4: Servomotor Futaba S3154 (zdroj: www.futabarc.com) 11
Obrázek 2.5: Servomotor Hitec HSR-5990TG (zdroj: www.hitecrcd.com) 12
Obrázek 2.6: Modul CMUcam3 14
Obrázek 2.7: Kamerový modul s chipem Omnivision OV7620 15
Obrázek 2.8: Wi-Fi/Bluetooth modul Overo™ Gumstix Fire Com 16
Obrázek 3.1: Blokové schema 19
Obrázek 3.2: Sběrnice SPI (zdroj: en.wikipedia.org) 20
Obrázek 3.3: Realizace pro vzducholoď 21
Obrázek 3.4: CMUcam2 GUI 26

Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Zapojení konektoru J36 pro komunikaci se senzorem 7

Tabulka 2.2: Základní parametry gyroskopu ADXRS150 9

Tabulka 2.3: Základní parametry akcelerometru ADXL203 10

Tabulka 2.4: Zapojení konektoru J13 pro komunikaci po SPI sběrnici 10

Tabulka 2.5: Základní parametry servomotoru Futaba S3154..... 12

Tabulka 2.6: Základní parametry servomotoru Hitec HSR-5990TG 13

Tabulka 2.7: Zapojení sériového portu pro komunikaci s PC..... 14

Tabulka 2.8: Základní parametr chipu Omnivision OV7620 16

Tabulka 3.1: Hmotnosti použitých komponent..... 23

1. Kapitola

Úvod

Tato práce navazuje a rozšiřuje bakalářskou práci M. Pčolky - Stabilizovaná senzorová plošina (2009) [3], využívá diplomové práce J. Marečka - Experimentální létající stroj – orientace v prostoru (2008) [1] a jím navržené jednotky inerciálních měření. Dále využívá poznatků diplomové práce J. Bittnera – Vzducholoď – základní řízení [2].

Tento dokument je rozdělen do pěti kapitol. První kapitola seznamuje s daným problémem a popisuje stav před začátkem práce. Druhá kapitola se zabývá vybraným hardwarem, který jsem v průběhu práce použil. Třetí kapitola popisuje samotnou realizaci. Čtvrtá kapitola popisuje softwarové vybavení potřebné pro obsluhu a pátá kapitola shrnuje a hodnotí dosažené výsledky.

1.1 Úkol práce

Úkolem mé práce je vytvořit systém, který umožní instalaci malé barevné kamery na model vzducholodě. Podmínkou je, že kamera musí být stále ve stejné poloze bez ohledu na náklony modelu vzducholodě při jeho letu. Dále pak zajistit bezdrátový přenos obrazových dat z této kamery do obslužného PC.

Mým úkolem je jak výběr hardwarového vybavení potřebného k realizaci daného projektu, tak i zajištění obslužného softwaru.

Velký důraz je kladen na hmotnost použitých komponent kvůli nízké nosnosti modelu vzducholodě.

Další úkolem je zajištění možnosti využití tohoto systému i u dalších aplikacích jako je například quadrotor, který je také vyvíjen na katedře řídící techniky.

1.2 Stav před zahájením práce

1.2.1 Model vzducholodě

Model je vybaven trojicí motorů. Dva motory typu MIG 280 jsou umístěny na otočné hřídeli, která je součástí řídící gondoly v dolní části vzducholodě. Tyto motory slouží k pohybu vzducholodě vpřed a vzad a díky otočné hřídeli také nahoru a dolů. Třetí motor typu SPEED 250 je umístěn na ocasním křídle a zajišťuje tak otáčení vzducholodě vlevo a vpravo. Jako regulátor pro řízení otáček motorů je použit stejnosměrný regulátor typu MD10DCR.

V gondole je umístěn palubní řídící systém, jehož funkcí je sběr a zpracování dat ze zde použitých senzorů a dále také komunikace s pozemní řídící jednotkou. Pro komunikaci s PC je použit modul WT11 využívající technologii Bluetooth. Pro palubní řídící systém je použit procesor ATmega644.

Obrázek 1.1: Model vzducholodě (zdroj: J. Bittner)

Model vzducholodě je osazen několika senzory. Jedná se o elektronický kompas měřící úhel natočení vzducholodě. Dále pak o ultrazvukové dálkoměry. Jeden dálkoměr je umístěn na hřbetu vzducholodě a díky odrazu ultrazvukového paprsku od stropu měří výšku letu. Dva dálkoměry jsou umístěny na přídi. Tato

dvojice senzorů mezi sebou svírá úhel 90° a je použita pro snímání prostoru před vzducholodí.

Celý model je napájen z Li-Pol baterie SC WE1200 od výrobce MGM. Jedná se o baterii o jmenovitém napětí 7,4V schopnou dodat až 24A.

Model je tvořen dvojitým pláštěm naplněným heliem. V průběhu času helium z pláště uniká a je proto potřeba ho často doplňovat. Aby při letu vzducholoď dosahovala dobrých vlastností, musí být vyvážena. Toto vyvážení se provádí pomocí olověných závaží, které se za použití suchého zipu připevňují na vzducholoď. Kvůli efektivní regulaci musí být hmotnost modelu taková, aby model neustále klesal, tedy musí být těžší než vzduch.

Řízení vzducholodě se provádí pomocí joysticku připojeném k obslužnému PC s nainstalovaným ovládacím softwarem.

Model vzducholodě je detailně popsán v diplomové práci J. Bittnera – Vzducholoď – základní řízení [2].

1.2.2 Quadrotor

Primárním cílem této bakalářské práce je použití navrženého systému pro model vzducholodě - proto o quadrotoru uvádím jen velmi stručné informace.

Quadrotor je látající stroj typu VTOL. Tato zkratka znamená Vertical Take-Off and Landing a jedná se o stroj schopný vertikálně startovat i přistávat. Je vybaven čtyřmi motory.

Obrázek 1.2: Model quadrotoru (zdroj: P. Heinrich)

1.2.3 Stabilizovaná senzorová plošina pro quadrotor

Stabilizovaná senzorová plošina pro quadrotor byla sestavena v rámci bakalářské práce M. Pčolky - Stabilizovaná senzorová plošina (2009) [3]. Jedná se o uspořádanou trojici servomotorů Hitec HSR-5990TG. Její využití je především u strojů, které se pohybují ve směru všech tří os. Takovým strojem je například výše uváděný quadrotor. Každý použitý servomotor vyvažuje pohyb létajícího stroje v jedné ose.

Obrázek 1.3: Stabilizovaná senzorová plošina pro quadrotor

Kvůli vysoké hmotnosti je aplikace této plošiny pro potřeby vzducholodě vyloučena.

V rámci práce M. Pčolky nebyla dokončena návaznost tohoto polohovacího systému na senzorový systém, podle kterého by se senzorová plošina pohybovala.

1.3 Shrnutí práce

- Sestrojit senzorovou stabilizovanou plošinu pro model vzducholodě
- Získat data ze snímače polohy umístěném na vzducholodi a dle hodnot z něj ovládat stabilizovanou senzorovou plošinu
- Na plošinu umístit kamerový systém snímající obraz ve stabilizované poloze
- Data z kamery bezdrátovou cestou přenést do obslužného PC

2. Kapitola

Hardwarové vybavení

V této kapitole popisuji všechna zařízení, která jsou použita pro řešení zadaného úkolu.

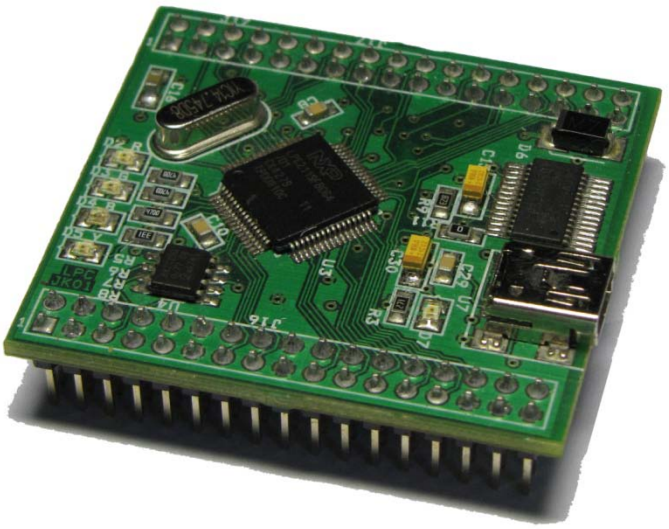
2.1 Řídící systém

Řídícím systémem v tomto případě označuji systém, který získává data z použitých senzorů, zpracovává je a díky nim řídí pohybový systém - soustavu servomotorů. Pro tuto činnost byla vybrána deska LPCeurobot.

2.1.1 Deska LPCeurobot s ARM7 LPC2119

Deska LPCeurobot byla vyvinuta autory projektu „Mobilní autonomní robot pro soutěž Eurobot 2008“. Tato základní řídící deska je osazena procesorem s jádrem ARM7 LPC2129 vyráběným dříve firmou Philips, dnes firmou NXP. Obsahuje převodník z USB na RS-232 umožňující jednodušší programování za použití USB konektoru, budič sběrnice CAN, vývody všech pozic rozhraní GPIO na rozšiřující konektory a informační LED diody.

V zásadě je možné tuto desku používat bez použití podpůrné elektroniky.



Obrázek 2.1: Deska LPCeurobot s ARM LPC2119

2.1.1.1 Napájení desky LPCeurobot

Desku LPCeurobot lze napájet více způsoby. První způsob se používá převážně při programování procesoru ARM7 LPC2119, kdy je deska napájena pomocí USB konektoru z PC. Tento USB konektor je zároveň použit pro přenos dat mezi procesorem a počítačem. Je využit jak při nahrávání softwaru z počítače do procesoru na řídící desce, tak i pro zasílání dat z řídící desky do počítače, což je vhodné zejména při testování a ladění softwaru.

Druhý způsob napájení využívá rozšiřující desku ebBoard, která obsahuje konektor označený J4 pro připojení napájecího napětí. Deska se napájí stejnosměrným napětím +5 V při odběru maximálně 100 mA.

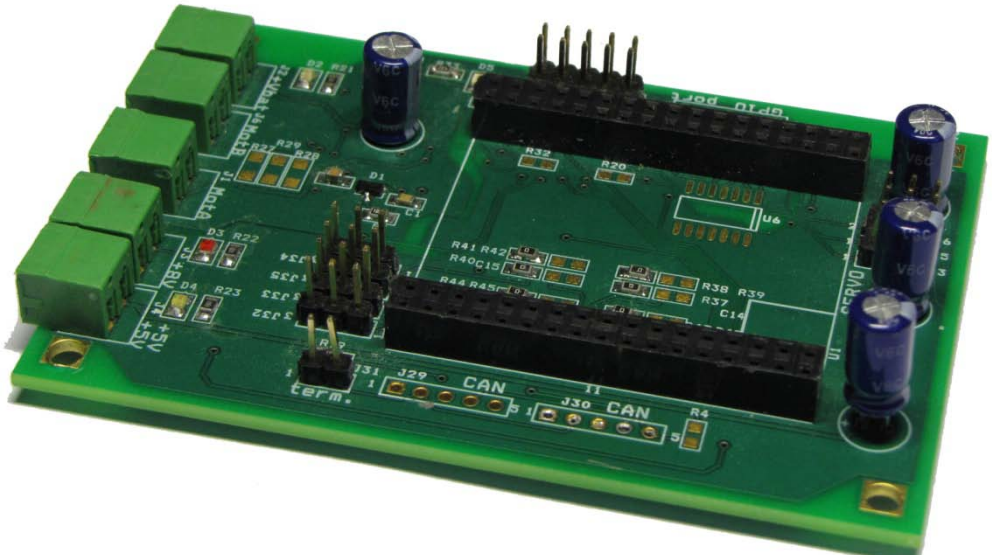
Při aplikaci na vzducholodi je vhodné desku napájet přímo z řídící desky vzducholodě umístěné v gondole a to z konektoru s označením J3. Na tomto konektoru je napětí z baterie stabilizované pomocí třísvorkového stabilizátoru na hodnotu +5V.

2.1.1.2 Procesor ARM7 LPC2119

LPC2119 je 32bitový procesor založený na architektuře ARM7. Obsahuje 256kB vysokorychlostní Flash paměť a 16kB paměti RAM. Dvě rozhraní CAN (Controller-area network), dvě rozhraní UART (Universal asynchronous receiver/transmitter), rozhraní I^2C (Inter-Integrated Circuit), rozhraní SPI (Serial Peripheral Interface), dva 32bitové časovače, 6 kanálů PWM (Pulse-width modulation) – vhodné pro ovládání servomotorů a čtyřkanálový 10ti bitový AD převodník.

2.1.2 Rozšiřující deska ebBoard

Jedná se o rozšiřující desku k desce LPCeurobot, která byla také vyvinuta pro soutěž Eurobot 2008. Tato deska umožňuje komunikaci se snímači (v mém případě s jednotkou inerciálních měření) a je vybavena budičem tří modelářských servomotorů, dále rozhraními RS-232, I^2C, SPI, EXT INT. Deska ebBoard dále obsahuje dvojitý budič komutátorového motoru a čtyři AD převodníky s dolní propustí druhého řádu eliminující rušení.



Obrázek 2.2: Rozšiřující deska ebBoard

2.1.2.1 Využití desky ebBoard

Pro realizaci stabilizované plošiny jsem použil 3 budiče modelářských servomotorů. Pro aplikaci na vzducholoď je k dvěma budičům připojena dvojice servomotorů Futaba S3154, pro aplikaci na quadrotor je připojena trojice servomotorů Hitec HSR-5990TG.

Dále je použit konektor s označením J36 pro komunikaci se senzorem (v mém případě s jednotkou inerciálních měření). Pro tuto komunikaci je použito SPI rozhraní. Zapojení tohoto konektoru je uvedeno v tabulce 2.1.

Číslo pinu	Označení pinu
1	SCL
2	SDA
3	TXD1
4	RXD1
5	MISO1
6	MOSI1
7	EINT1
8	5V
9	VIN
10	GND

Tabulka 2.1: Zapojení konektoru[1] J36 pro komunikaci se senzorem

Pro napájení desky LPCeurobot i desky ebBoard je využito konektoru J4 (+5V), konektor J3 slouží pro připojení externího zdroje , který využívají servomotory.

[1] Použité piny jsou označeny světle modrou barvou

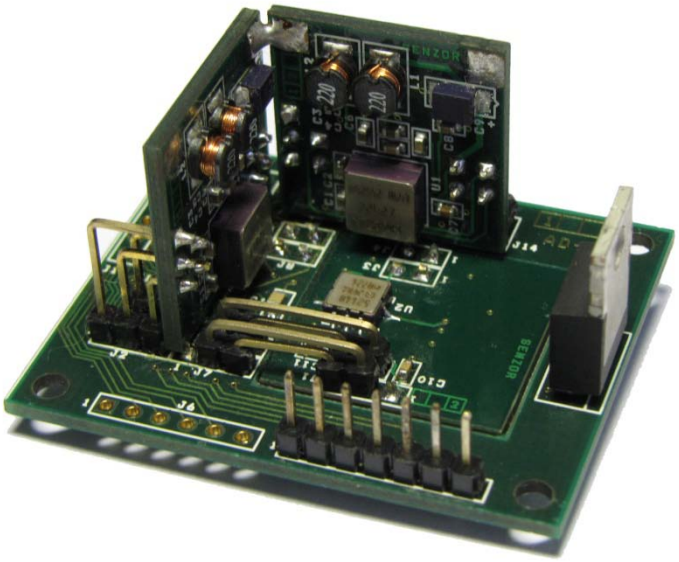
2.2 Senzorový systém

Senzorovým systémem označuji uskupení senzorů polohy, které měří náklon létajícího stroje během letu a to ve všech třech osách. Tyto senzory dodávají data řídícímu systému, který za jejich použití ovládá pohyb servomotorů vykonávajících stabilizaci plošiny.

2.2.1 Jednotka inerciálních měření (INU)

Ke zjišťování náklonu vzducholodě či quadrotoru jsem použil jednotku inerciálního měření (INU), která obsahuje 3 akcelerometry a 3 gyroskopy využívající technologie MEMS (mikro elektro-mechanické systémy). Jednotka dále obsahuje modul 12bitového AD převodníku, který zajišťuje převod hodnot z akcelerometrů a gyroskopů do digitální podoby. Tato jednotka dokáže poskytnout přesné informace o náklonu ve všech třech osách.

Podrobné informace o této jednotce je možné získat v diplomové práci J. Marečka: Experimentální létající stroj – orientace v prostoru (2008) [1].



Obrázek 2.3: Jednotka inerciálních měření (INU)

2.2.1.1 Popis technologie MEMS

Pojem MEMS označuje velmi sofistikované umístění mikromechanických prvků na křemíkové bázi. Mezi produkty MEMS se řadí především pohybové senzory (gyroskopy, akcelerometry), dále však i mikrocívky, mikročerpadla a mikropohony.

Mezi největší výhody senzorů používajících technologii MEMS jsou jejich malé rozměry, velmi nízká hmotnost a spotřeba.

MEMS gyroskopy měří výchylku hmotného tělíska vůči tělu součástky způsobenou působením Corilisovy síly. Tato síla působí na tělesa pohybující se v rotující neinerciální vztažné soustavě a mění jejich vzdálenost od osy otáčení. Jedná se o setrvačnou sílu, která způsobuje stáčení trajektorie tělesa proti směru otáčení soustavy.

V gyroskopu je umístěno hmotné tělísko, které je rozkmitáno - vykonává tak přímočarý pohyb. Při otáčení soustavy (těla součástky gyroskopu) vzniká díky působení Corilisovy síly výchylka v kolmém směru vůči kmitajícímu tělísku. Tato výchylka znázorňuje náklon gyroskopu a je měřena kapacitním způsobem.

MEMS akcelerometry pracují na principu měření tzv. seismické hmotnosti. Jde o měření výchylky hmotného tělíska vůči tělu součástky. Tato výchylka se mění vlivem zrychlení v dané ose. Výchylka je měřena kapacitním způsobem.

2.2.1.2 Popis INU

Jednotka inerciální měření obsahuje 3 gyroskopy typu ADXRS150. Jedná se gyroskopy používající technologii MEMS, která je popsána výše. Každý z gyroskopů měří úhlovou rychlost v jedné ose a to v rozsahu ±150 º/s. Gyroskopy mají analogový výstup v 0-5 V. Tato hodnota je následně zpracována v AD převodníku. Základní parametry těchto gyroskopů jsou uvedeny v tabulce 2.2.

Počet os měření	1
Rozsah měření	±150 º/s
Napájení	4.75 – 5.25 V
Proudový odběr	6 mA
Citlivost	12.5 ± 10% mV/ º/s
Nelinearita	0.1 % z rozsahu měření
Max. šířka pásma	2 kHz
Šumová hustota	0.05 °/s/rtHz

Tabulka 2.2: Základní parametry gyroskopu ADXRS150

Jedkotka INU dále obsahuje 3 akcelerometry typu ADXL203. Jedná se o akcelerometry měřící translační zrychlení ve dvou osách. Měřením tedy získáváme šest hodnot ve třech směrech. Duplicitní hodnoty lze využít pro zpřesnění výsledků měření. Výstupem je také analogový signál 0-5 V, který je také dále zpracován v AD převodníku. Základní parametry použitých akcelerometrů jsou uvedeny v tabulce 2.3.

Počet os měření	2
Rozsah měření	±1,7g
Napájení	3 – 6 V
Proudový odběr	0.7 mA
Citlivost	1000% mV/g
Nelinearita	4 % z rozsahu měření
Max. šířka pásma	2.5 kHz
Šumová hustota	110 ug/ rtHz

Tabulka 2.3: Základní parametry akcelerometru ADXL203

Dále je zde umístěn 12ti bitový analogově-číslicový převodník MAX1285. Jeho funkcí je převedení naměřených hodnot z analogových výstupů senzorů na digitální reprezentaci hodnoty využitou při komunikaci s řídícím systémem.

Akcelerometry a gyroskopy jsou na jednotce inerciálních měření umístěny tak, aby vzájemně tvořily pravoúhlý souřadnicový systém. Díky této realizaci je INU schopná určit polohu tělesa v prostoru se šesti stupni volnosti. Měří tři hodnoty úhlové a tři hodnoty translační.

Komunikaci mezi řídícím systémem a senzorem umožňuje sběrnice SPI (serial peripheral interface bus). V následující tabulce 2.4. je uvedeno zapojení konektoru na jednotce inerciální měření pro komunikaci po SPI sběrnici s označením J13.

Číslo pinu	**Označení pinu**
1	VIN (+5V)
2	EOC
3	MOSI
4	SCK
5	MISO
6	CS
7	GND

Tabulka 2.4: Zapojení konektoru[2] J13 pro komunikaci po SPI sběrnici

[2] Použité piny jsou označeny světle modrou barvou

2.3 Pohybový systém

Pohybovým systémem označuji uskupení servomotorů, které realizují pohyb plošiny tak, aby zůstávala ve stabilizované poloze. Jsou ovládány řídícím systémem.

V dnešní době lze na trhu najít velké množství analogových i digitálních servomotorů pro mnoho využití. Mezi nejkvalitnější výrobky patří servomotory firem Futaba a Hitec, což se ukázalo při aplikacích v jiných projektech na katedře řídící techniky. Proto jsem se při výběru zaměřil na tyto značky.

2.3.1 Servomotory Futaba S3154

Při výběru servomotorů vhodných pro aplikaci na vzducholoď jsem kladl velký důraz na co nejnižší hmotnost. Dále bylo důležité zvolit, takový servomotor, který by byl dostatečně rychlý a bez problému tak zvládal reagovat na náhlé náklony vzducholodě. V neposlední řadě jsem kladl důraz na dostatečný točivý moment, tedy na to, aby se servomotory dokázaly pohybovat i s připevněnou kamerou.

Vybral jsem servomotor od firmy Futaba s oznčením S3154. Jedná se o digitální servomotor s kuličkovým ložiskem a umělohmotným ozubeným převodovým ústrojím. Vyznačuje se kroutícím momentem 23,6 oz/in (1,7 kg·cm), maximální rychlostí 0,09 s/60° a nízkou hmotností 8,5g.

Obrázek 2.4: Servomotor Futaba S3154 (zdroj: www.futabarc.com)

Tento servomotor je řízen PWM pulsy. Při šířce pulsu 1520µs se servomotor nachází ve středové poloze.

Pro použití u stabilizované senzorové plošiny pro vzducholoď je zapotřebí dvojice těchto servomotorů, neboť se náklon vzducholodě stabilizuje ve dvou osách.

Základní parametry použitých servomotorů jsou uvedeny v tabulce 2.5.

Napájení	4.8 – 6V
Maximální rychlost (při 4.8 V)	0.10 s/60°
Maximální rychlost (při 6 V)	0.09 s/60°
Kroutící moment (při 4.8 V)	20.8 oz/in (1.5 kg·cm)
Kroutící moment (při 6 V)	23.6 oz/in (1.7 kg·cm)
Rozměry	21.8 x 11 x 23.2 mm
Hmotnost	8.5 g

Tabulka 2.5: Základní parametry servomotoru Futaba S3154

2.3.2 Servomotor Hitec HSR-5990TG

Servomotory Hitec HSR-5990TG vybral pro potřeby své bakalářské práce M. Pčolka: Stabilizovaná senzorová plošina (2009) [3] a mechanicky z nich sestrojil stabilizovanou plošinu.

Obrázek 2.5: Servomotor Hitec HSR-5990TG (zdroj: www.hitecrcd.com)

Jedná se o digitální programovatelné servomotory firmy Hitec, s dvojitým titanovým kuličkovým ložiskem. Tyto servomotory jsou vodotěsné a prachu odolné a jsou opatřeny hliníkovým pouzdrem, které slouží k chlazení použitého motorku.

Servomotory Hitec HSR-5990TG jsou oproti servomotorům Futaba S3154 mnohem větší a výkonnější, což se také odráží na jejich vysoké hmotnosti 62g. Jejich maximální kroutící moment dosahuje 416,61 oz/in (31,2 kg·cm), maximální rychlost pak 0,12 s/60°.

Pro použití u stabilizované senzorové plošiny pro quadrotor je zapotřebí trojice těchto servomotorů, neboť se náklon quadrotoru stabilizuje ve třech osách.

Základní parametry použitých servomotorů jsou uvedeny v tabulce 2.6.

Napájení	4.8 – 7.4V
Proudový odběr (při 4.8 V)	300 mA
Proudový odběr (při 7.4 V)	380 mA
Maximální rychlost (při 4.8 V)	0.15 s/60°
Maximální rychlost (při 7.4V)	0.12 s/60°
Kroutící moment (při 4.8 V)	333.29 oz/in (31.2 kg·cm)
Kroutící moment (při 7.4 V)	416.61 oz/in (39 kg·cm)
Rozměry	21.8 x 11 x 23.2 mm
Hmotnost	8.5 g

Tabulka 2.6: Základní parametry servomotoru Hitec HSR-5990TG

K napájení servomotorů Futaba S3154 i Hitec HSR-5990TG je potřeba použít konektor pro připojení externího zdroje pro servomotory na rozšiřující desce ebBoard. Jedná se o konektor s označením J3. Servomotory jsou napájeny napětím 4,8 – 6 V resp. 4,8 – 7,4 V. Při vyšším napájecím napětí dosahují servomotory lepších vlastností – jsou rychlejší a mají vyšší kroutící moment. Je třeba počítat s tím, že například trojice servomotorů Hitec HSR-5990TG vyžaduje proudový odběr cca 1,5 A a dle toho použít požadovaný zdroj napětí.

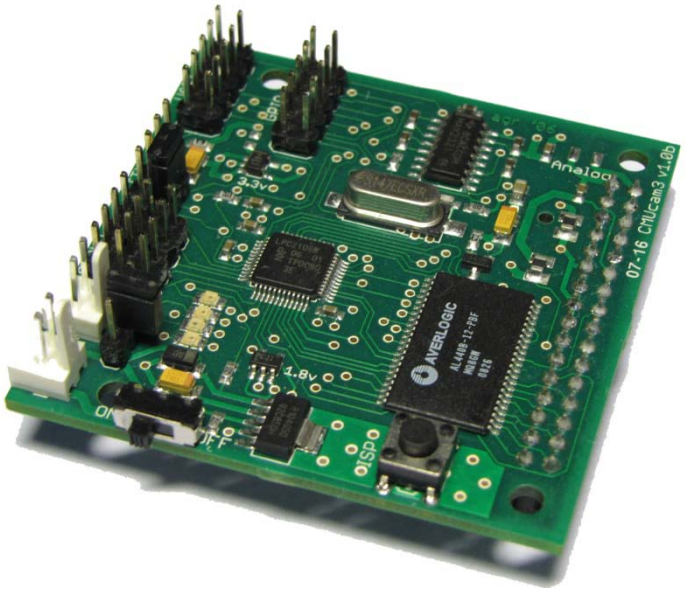
2.4 Kamerový systém

Kamerovým systémem označuji zařízení, které zpracovává data získané kamerou a kameru samotnou. Při výběru jsem kladl důraz na to, aby bylo možné zpracovat data z kamery komplexněji. Tzn. aby zde byla možnost implementace algoritmů například pro prozkoumávání prostředí, rozeznávání obličejů a jiné. Zvolil jsem modul CMUcam3. Díky tomuto modulu je možné tyto algoritmy provozovat přímo na palubě vzducholodi či jiného létajícího stroje.

2.4.1 Modul CMUcam3

Ke zpracování obrazových dat byl použit modul CMUcam3. CMUcam3 navazuje na úspěšný model svého předchůdce CMUcam2.

Jedná se o programovatelný modul založený na technologii ARM7TDMI. Je osazen procesorem Philips LPC2106, který je propojen s kamerovým modulem značky Omnivision (viz níže).



Obrázek 2.6: Modul CMUcam3

Obsahuje čtečku MMC karet s podporou souborového systému FAT16, čtyři porty pro řízení servomotorů, softwarovou JPEG kompresi, emulaci modulu CMUcam2, analogový výstup videa ve formátech PAL nebo NTSC. Je také možné využít rozhraní SPI a UART.

Pro komunikaci s PC modul využívá standardní sériový port na kterém jsou využity tři piny, viz tabulka 2.7. Tento konektor zároveň slouží jako digitální video výstup.

Číslo pinu	Označení pinu
2	PC RX, CMUcam TX
3	PC TX, CMUcam RX
5	GND

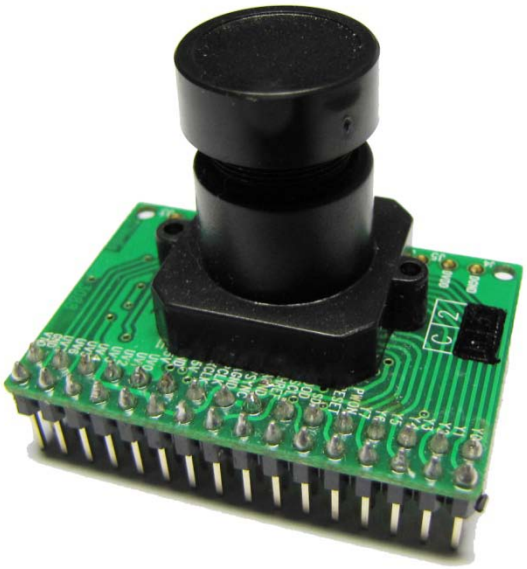
Tabulka 2.7: Zapojení sériového portu pro komunikaci s PC

Modul je napájen stejnosměrným napětím v rozmezí od 6 do 15 V při odběru proudu maximálně 150 mA. Při aplikaci na vzducholodi je proto možné modul napájet přímo z použité baterie. Při zapojení servomotorů k tomuto modulu je zapotřebí zajistit jejich napájení pomocí externího zdroje, který se připojuje ke konektoru označeném jako „Servo Power“. Dále je zapotřebí odstranit propojku na konektoru s označením „Power Select Jumper“.

K ovládání tohoto modulu je k dispozici velké množství open source programů s různou funkcionalitou.

2.4.2 Kamerový modul s chipem Omnivision OV7620

K modulu CMUcam3 je možné připojit kamerový modul s chipem od firmy Omnivision. Byl vybrán modul s chipem OV7620, což je v současné době nejnovější a nejvýkonnější modul této značky.



Obrázek 2.7: Kamerový modul s chipem Omnivision OV7620

Obsahuje integrovanou barevnou digitální VGA kameru. Tato kamera snímá obraz ve vysokém rozlišení 640x480 obrazových bodů a to při frekvenci 30 fps (frames per second), tedy snímků za vteřinu. Tato frekvence snímkování lze programově nastavovat od 0,5 fps do 30fps. Kamera dokáže pracovat v černobílém i barevné režimu. Podporuje obrazový 16ti či 8mi bitový formát YCrCb 4:2:2, dále 16ti či 8mi bitový formát RGB a formát CCIR601. Výhodou je plná spolupráce s řídící jednotkou CMUcam3.

Kamerový modul je napájen přes spojovací konektor díky modulu CMUcam3. Základní parametry chipu Omnivision OV7620 jsou uvedeny v tabulce 2.8.

Napájení	5V DC, ±5%
Příkon	120 mW
Počet obrazových bodů	664 x 492 (640 x 480)
Snímkovací frekvence	30 fps
Velikost pixelu	7.6 x 7.6 µm
Velikost čočky	1/3''

Tabulka 2.8: Základní parametr chipu Omnivision OV7620

2.5 Systém přenosu dat

Systémem přenosu dat označuji modul zajišťující bezdrátový přenos obrazových dat z kamery do obslužného PC.

Za tímto účelem jsem vybral modul Overo™ Fire Com.

2.5.1 Overo™ Gumstix Fire Com

Jedná se o modul značky Gumstix podporující jak bezdrátovou komunikaci pomocí standardu IEEE 802.11g tak i pomocí standardu Bluetooth. Je vybaven procesorem pracujících na hodinové frekvenci 600 MHz. Jedná se o procesor OMAP 3530 s ARM Cortex-A8 CPU, což je procesor umožňující 2D a 3D grafickou akceleraci a zpracování digitálního obrazového signálu. Jedná se tedy o modul vhodný pro práci s obrazovými daty.

Obrázek 2.8: Wi-Fi/Bluetooth modul Overo™ Gumstix Fire Com

Je vybaven 256MB pamětí typu RAM a 256MB pamětí typu Flash. Dále je opatřen čtečkou paměťových karet microSD. Pro využívání bezdrátové komunikace pomocí Wi-Fi je možné k modulu připojit dvě miniaturní externí Wi-Fi antény.

Modul podporuje rozhraní I^2C, UART, 1-Wire, SPI a Camera In. Je možné ho rozšířit pomocí rozšiřujících desek firmy Gumstix pro zvýšení funkcionality.

Velkou výhodou tohoto modulu je jeho miniaturní velikost kdy při rozměrech 17mm x 58mm x 4.2mm je velmi vhodný pro aplikaci na model vzducholodě.

Modul je osazen trojicí konektorů. Dva konektory jsou 70ti pinové a jeden 27mi pinový. 70ti pinové konektory slouží k propojení modulu s rozšiřující deskou od firmy Gumstix, 27mi pinový konektor slouží pro přenos řídících kamerových signálů.

2.5.2 Technologie Bluetooth

Bluetooth je bezdrátová technologie umožňující komunikaci mezi dvěmi elektronickými zařízeními. Nejvíce je rozšířena v oblasti mobilních telefonů.

Je definována standardem IEEE 802.15.1. V současné době je technologie Bluetooth používána ve versi 1.2. Je však nově definována i verse 2.0, která se vyznačuje především 3x vyšší datovou propustností. Zařízení podporující technologii Bluetooth jsou rozdělena do tří skupin dle vysílacího výkonu:

- Třída 1 – 100mW, dosah asi 100m
- Třída 2 – 2,5mW, dosah asi 10m
- Třída 3 – 1mW, dosah asi 1m

Verse 1.2 umožňuje datovou komunikaci přenosovou rychlostí do 1Mb/s, nová verse 2.0 umožňuje rychlost až 3Mb/s. Bluetooth využívá frekvenčního pásma ISM 2,4 GHz a přenosové metody FHSS (Frequency hopping spread spectrum). Tato metoda spočívá ve skokovém přelaďování vysílací frekvence během komunikace. Během jedné vteřiny je provedeno 1600 takových skoků mezi 79 různými frekvencemi s rozestupem 1MHz. To má za následek především snížení možnosti rušení na jedné frekvenci.

Ve srovnání s technologií Wi-Fi je výhodou technologie Bluetooth její nižší výkonová náročnost, nevýhodou pak nižší dosah a nižší kapacita přenosového kanálu.

2.5.3 Technologie Wi-Fi

Wi-Fi je bezdrátová síť označovaná jako Wireles LAN nebo WLAN. Technologie Wi-Fi je popsána standardem IEEE 802.11. Tento standard je v současné době v několika versích. Dnes se za nejnovější versi dá požadovat IEEE 802.11n. Vlastnosti jednotlivých versí jsou následující:

- IEEE 802.11 (původní), pásmo 2,4 GHz, maximální rychlost 2 Mbit/s
- IEEE 802.11a, pásmo 5 GHz, maximální rychlost 54 Mbit/s
- IEEE 802.11b, pásmo 2,4 GHz, maximální rychlost 11 Mbit/s
- IEEE 802.11g, pásmo 2,4GHz, maximální rychlost 54 Mbit/s
- IEEE 802.11n, pásmo 2,4 GHz nebo 5GHz, maximální rychlost 600 Mbit/s

Zařízení, která splňují kompatibilitu se standardy Wi-Fi jsou označena logem Wi-Fi aliance.

Sítě Wi-Fi je možné zabezpečit pomocí šifrování. Za tímto účelem byly vyvinuty šifrovací metody WEP, WPA a WPA2.

WEP je označení pro Wired Equivalent Privacy – šifrování komunikace pomocí statických WEP klíčů. Zkrat WPA označuje Wi-Fi Protected Access, kdy jsou klíče WEP během komunikace dynamicky měněny. WPA2 navíc využívá šifrování AES.

Modul Gumstix Overo^{TM} Fire Com podporuje Wi-Fi standardu IEEE 802.11g. Při porovnání s technologií Bluetooth implementované také na tomto modulu je patrné, že pomocí technologie Wi-Fi je možné dosáhnout asi 50x vyšší přenosové rychlosti.

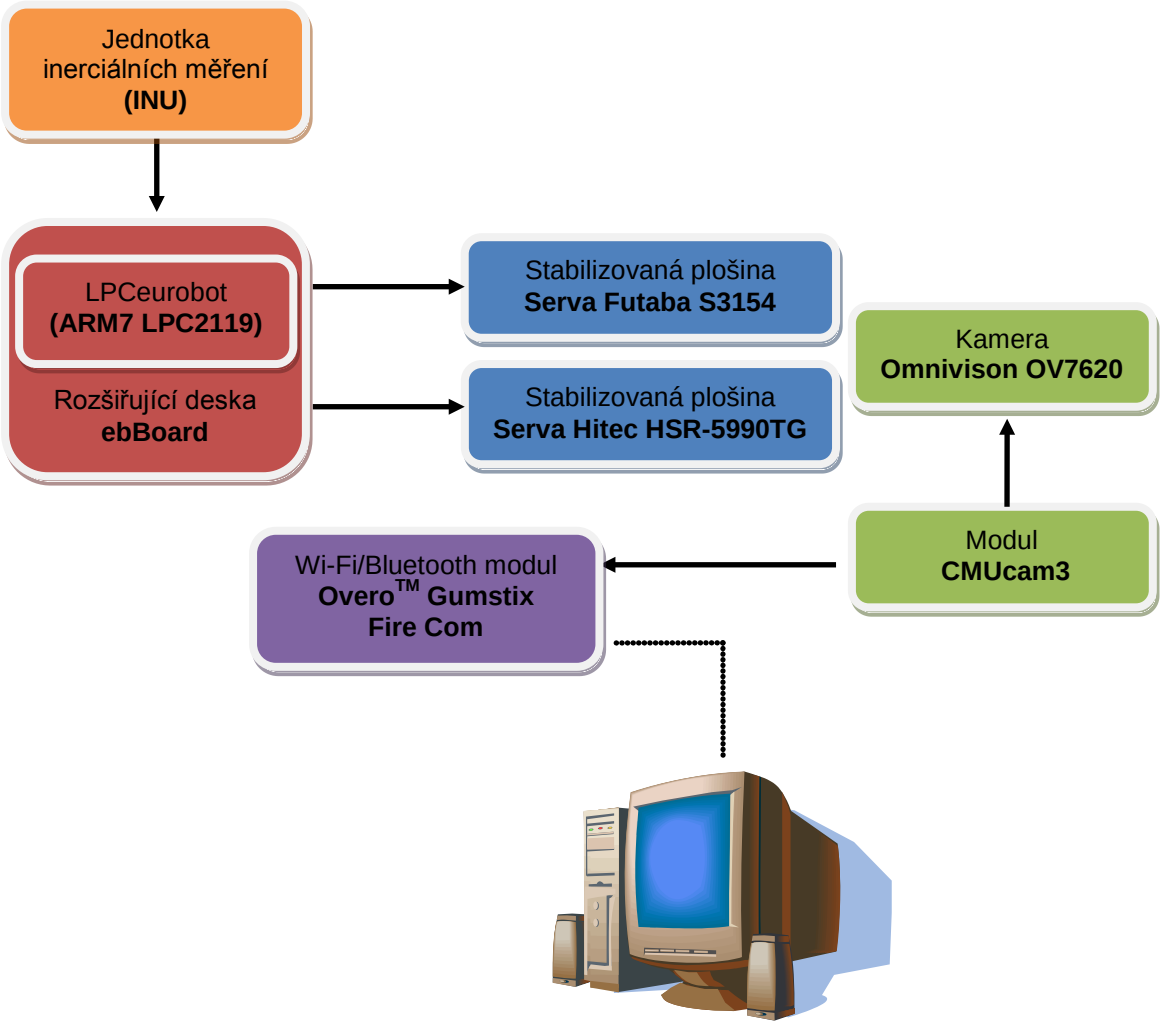
3. Kapitola

Realizace

V této kapitole popisuji způsob samotné realizace úkolu a zaměřuji se zde na vzájemnou součinnost jednotlivých modulů.

3.1 Popis způsobu realizace

Způsob provedení celého systému je znázorněn na blokovém schematu zobrazeném na obrázku 3.1. Tento systém je možné připojit k modelu vzducholodě či quadrotoru.



Obrázek 3.1: Blokové schema

Jednotka inerciálních měření komunikuje s řídící deskou LPCeurobot a dodává jí data ze senzorů polohy. Tato data znázorňující náklon létajícího stroje v daných osách. Řídící deska data díky implementovanému softwaru zpracuje a vykoná příslušný pohyb servomotorů stabilizované senzorové plošiny tak, aby se plošina nacházela vždy v požadované poloze. Plošina je tvořena servomotory Futaba či Hitec. Servomotory Futaba jsou použita pro aplikaci na model vzducholodě, servomotory Hitec jsou použita pro aplikaci na quadrotor. Na stabilizované plošině je mechanicky připevněna kamera, která snímá obrazová data. Tato data jsou zpracována modulem CMUcam3 a následně bezdrátově zaslána pomocí modulu Overo™ Gumstix Fire Com do obslužného PC, kde mohou být zobrazena nebo jinak dále softwarově zpracována.

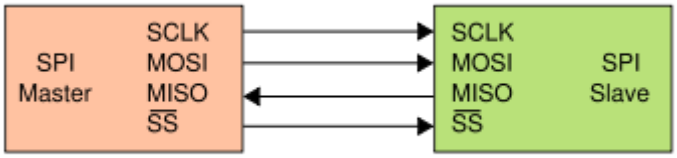
3.1.1 Získávání dat z jednotky inerciálních měření

Pro komunikaci mezi jednotkou inerciálních měření a řídící deskou LPCeurobot je využívána seriová linka. Je použito rozhraní SPI (Serial Peripheral Interface Bus).

Rozhraní SPI definuje dva typy zařízení. Zařízení typu master a zařízení typu slave. Zařízení master řídí komunikaci pomocí hodinového signálu a vybírá, díky signálu CS (Chip Select), s kterým zařízením připojeným ke sběrnici bude komunikovat. Zařízení typu slave čeká dokud nepřijme signál CS a poté začne komunikovat dle hodinového signálu.

V našem případě je zařízení typu master řídící deska LPCeurobot a zařízení typu slave senzor polohy. Rozhraní SPI umožňuje připojení více zařízení typu slave najednou. Tato vlastnost není využita, neboť komunikace probíhá vždy jen s jedním senzorem.

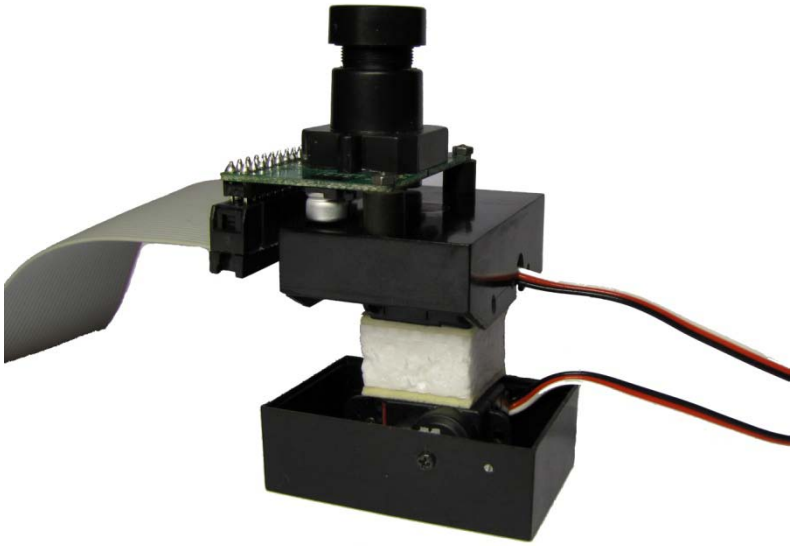
Zapojení sběrnice SPI je patrné na obrázku 3.2.



Obrázek 3.2: Sběrnice SPI (zdroj: en.wikipedia.org)

3.1.2 Stabilizovaná senzorová plošina pro vzducholoď

Realizace stabilizované senzorové plošiny pro vzducholoď je znázorněna na obrázku 3.3. Jedná se o uspořádání dvou servomotorů Futaba S3154. Každý ze servomotorů je umístěn do plastové krabičky. Mezi servomotory je vložen polystyren, který zvětšuje prostor mezi nimi a zajišťuje tak jejich větší možnost pohybu. Díky tomu jsou servomotory schopny stabilizavat větší náklony vzducholodě. K jedné z krabiček je připevněn kamerový modul s chipem Omnivision OV7620. Aby na této krabičce nemusel být připevněn i modul CMUcam3 a servomotory tak nemusely pohybovat i s ním, je vytvořen propojovací kabel mezi kamerovým modulem a modulem CMUcam3. Tento propojovací kabel je realizován 18ti žilovým plochým kabelem o délce asi 10 cm.



Obrázek 3.3: Realizace pro vzducholoď

3.1.3 Stabilizovaná senzorová plošina pro quadrotor

Stabilizovaná senzorová plošina pro quadrotor byla navržena a zkonstruována M. Pčolkou. Je zkonstruována pomocí trojice servomotorů Hitec HSR 5990-TG a systému ServoCity SPT200. Podrobně je popsána v bakalářské práci Stabilizovaná senzorová plošina (2009) [3].

3.1.4 Bezdrátový přenos obrazových dat do PC

Bezdrátový přenos dat byl navržen pomocí Wi-Fi/Bluetooth modulu Overo™ Gumstix Fire Com. Z možných způsobů přenosu (Wi-Fi nebo Bluetooth) jsem se

rozhodl pro využití standardu Wi-Fi. Důvodem této volby je fakt, že je potřeba přenášet velké množství obrazových dat za krátký časový úsek. Použití technologie Bluetooth by proto nebylo vhodné, kvůli její nižší přenosové rychlosti (1Mb/s ve versi 1.2).

Výhodou zvolené technologie je vyšší dosah zařízení, nevýhodou pak větší proudový odběr.

Bezdrátový přenos dat z modulu Gumstix Fire Com do obslužného počítače nebyl v rámci této práce zrealizován. Nepodařilo se mi sehnat propojovací kabel mezi tímto modulem a modulem CMUcam3.

Modul Gumstix Fire Com je vybaven konektorem FH26-27 S-0,3SHW. Jedná se o 27mi pinový konektor vyráběný firmou Hirose. Tento konektor je na modulu označen jako J5. Konektor využívá technologie FPC (Flexible Printed Circuit), díky níž je vzdálenost jednotlivých pinů pouze 0,3mm.

Slouží pro přenos řídícího kamerového signálu. Díky velmi malým rozměrům konektoru, nebylo možné realizovat propojení modulů pomocí vlastnoručně vyrobeného propojovacího kabelu.

Katalogový list tohoto konektoru je umístěn na přiloženém CD.

3.2 Napájení

Zde je shrnut způsob napájení jednotlivých zařízeních při aplikaci systému na model vzducholodě.

- Deska ebBoard je napájena:
    - stejnosměrným napětím +5V přivedeným z řídící desky na konektor J4
    - stejnosměrným napětím +5V přivedeným z řídící desky na konektor J5 (externí zdroj pro servomotory)
- Deska LPCeurobot je napájena pomocí desky ebBoard
- Senzorová stabilizovaná plošina je napájena pomocí desky ebBoard
- Jednotka inerciálních měření je napájena pomocí desky ebBoard
- Modul CMUcam3 je napájen přímo z baterie
- Kamerový modul Omnivision OV7620 je napájen pomoci modulu CMUcam3

3.3 Hmotnosti

Jedním z nejdůležitějších parametrů na které byl kladen důraz během výběru jednotlivých komponent byla jejich hmotnost.

Měřením bylo zjištěno, že při úplném naplnění modelu vzducholodě heliem je maximální nosnost asi 175 gramů. Tato nosnost byla měřena při připojení následujících komponent:

- Gondola s řídící jednotkou (a motory)
- Trojice ultrazvukových dálkoměrů
- Baterie
- Veškeré kabeláže

Měření bylo prováděno bezprostředně po napuštění vzducholodě heliem.

Požadavek pro realizaci daného úkolu je tedy maximální hmotnost vybraných komponent 175 gramů. V následující tabulce 3.1 uvádím hmotnosti použitých komponent.

Řídící deska LPCeurobot	14 g
Rozšiřující deska ebBoard	36 g
Stabilizovaná senzorová plošina	18 g
Kamerový modul	12 g
Modul CMUcam3	22 g
Jednotka inerciálních měření	20 g
Wi-Fi/Bluetooth modul	6 g
Dvojice Wi-Fi antén	14 g

Tabulka 3.1: Hmotnosti použitých komponent

Z tabulky vyplývá, že celková hmotnost použitých komponent je 142 g. Splňuje tedy požadavek pro možnost umístění na model vzducholodě.

Senzorová stabilizovaná plošina pro kvadrotor dosahuje hmotnosti 426 gramů bez řídících jednotek. Z tohoto důvodu je pro aplikaci na vzducholoď nepoužitelná.

4. Kapitola

Softwarové vybavení

4.1 Řízení stabilizované senzorové plošiny

Řídící jednotka LPCeurobot obsluhuje algoritmus zajišťující získávání dat ze senzorového systému, jejich zpracování a pohyb příslušnými servomotory.

4.1.1 Popis algoritmu

Algoritmus běží v nekonečné smyčce. V průběhu vykonávání jednoho cyklu přečte data ze stabilizované senzorové plošiny a provede natočení servomotoru do příslušné polohy.

Algoritmus byl navržen tak, aby byl zároveň použitelný pro obě stabilizované senzorové plošiny. Výběr zapojené plošiny se provede nastavením konstanty usedServo. Nastavíme-li tuto konstantu na hodnotu 0 jsou použity servomotory Futaba pro vzducholoď, nestavíme-li ji na hodnotu 1 jsou použity servomotory Hitec pro quadrotor. Pro každý použitý servomotor jsou zde definovány konstanty popisující jeho minimální, středovou a maximální polohu (dle konstrukce plošiny).

Pro získání informací o náklonu létajícího stroje z jednotky inerciálních měření je použita sběrnice SPI. Funkce zajišťující tuto komunikaci je pojmenována get_valueFromInnercion(). Získaná data jsou zpracována pomocí funkce get_servoPosition(), která počítá polohu do které se má servomotor natočit. Samotný pohyb poté provede funkce set_servo().

Kvůli možnosti jednoduššího testování a ladění algoritmu je implementováno rozhraní UART, pomocí kterého je možné zasílat data z LPCeurobot do PC.

Podrobný popis algoritmu je součástí zdrojového kódu ve formě komentářů.

4.1.2 Způsob programování

Při programování je možné využít dvou typů pamětí na desce LPCeurobot a to 256kB vysokorychlostní Flash paměti a 16kB paměti RAM. Obsah paměti RAM je dostupný pouze po dobu připojení napájecího napětí. Po jeho odpojení jsou data ztracena. Výhodou využití této paměti při programování je možnost rychlého nahrávání dat, nevýhodou pak její nízká kapacita. Při programování rozsáhlých

algoritmů je proto nutné použít větší 256kB Flash paměť. Přenos dat z PC je realizovaná pomocí USB konektoru.

4.2 Kamerový systém

U kamerového systému rozlišujeme dva typy softwaru. Jedná se o software běžící na obslužném počítači a software běžící přímo na modulu CMUcam3.

4.2.1 Software na modulu CMUcam3

Přímo na modulu CMUcam3 je možné implementovat například řídící algoritmus obsluhující připojené servomotory nebo zpracovávající obrazová data z kamery. Je možné zde přímo nastavovat parametry kamerového modulu jako je frekvence snímání obrazu (fps), rozlišení, barevná hloubka, atd.

K nahrávání aplikací do paměti modulu CMUcam3 slouží aplikace Philips LPC210x FLASH ISP Utility, která je dostupná na stránkách výrobce modulu.

4.2.2 Software na obslužném PC

Software běžící na obslužném počítači je především software pro zobrazení obrazových dat. Na stránkách výrobce je možné nalézt několik aplikací s touto funkcionalitou. Takovou aplikací je například CMUcam3 Frame Grabber dodávaný výrobcem nebo více komplexnější CMUcam2 GUI.

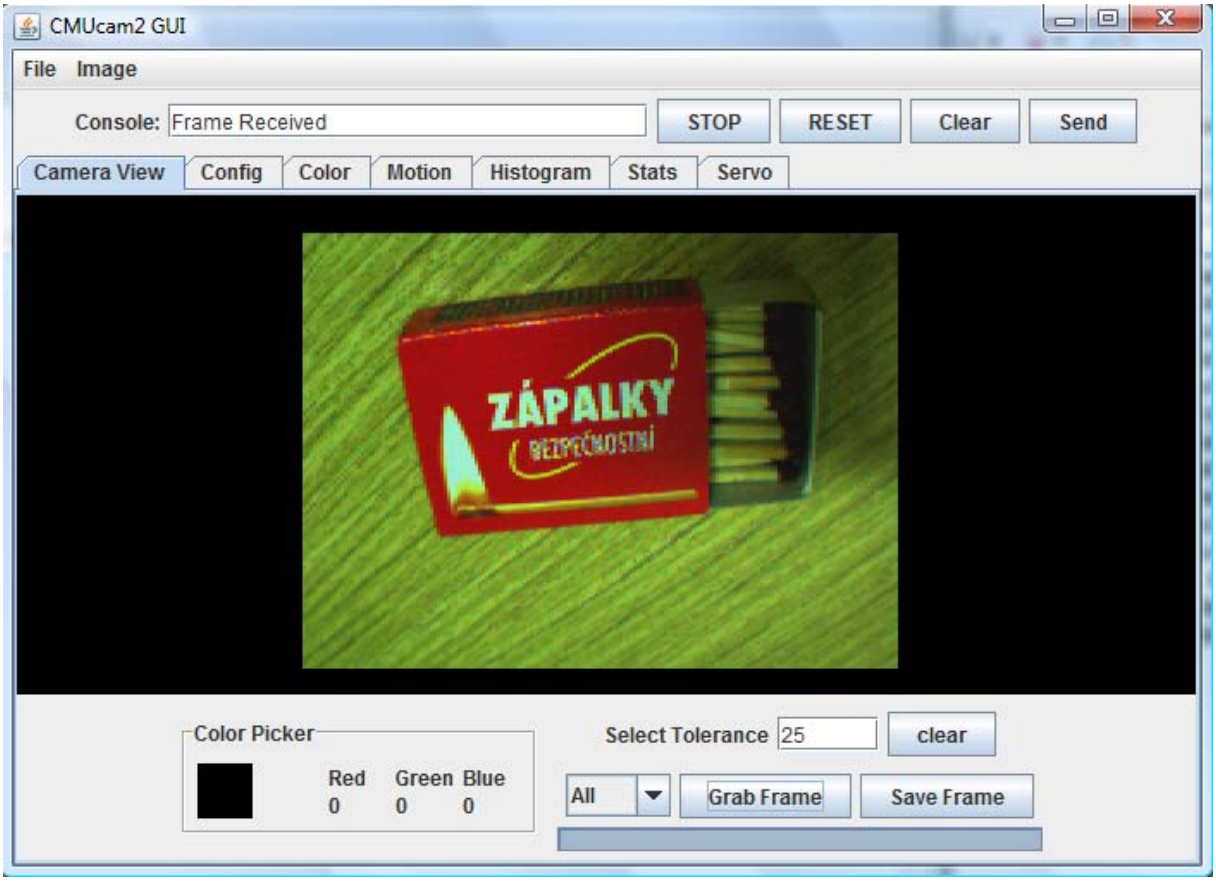
CMUcam2 GUI je aplikace vyvinutá v jazyce Java. Jde tedy o multiplatformní aplikaci, kterou je možné spouštět pod operačními systémy Windows i Linux. Její hlavní funkcí je získávání obrazových dat z kamery a jejich zpracování.

Tato aplikace umožňuje nastavení kamery pomocí mnoha parametrů a může tak být vhodnou inspirací pro vývoj aplikace vlastní. Je zde implementováno několik funkcí pro práci s obrazem, mezi nejdůležitější patří:

- Tvorba histogramu
- Sledování určité barvy
- Barevné statistiky

Je zde implementováno rozhraní pro jednoduchou obsluhu servomotorů (nastavování jejich pozice).

Na obrázku 3.4 je zobrazeno grafické uživatelské rozhraní této aplikace s obrazovými daty z kamerového modulu. Jedná se o obraz snímaný v rozlišení 640 x 480 obrazových bodů.



Obrázek 3.4: CMUcam2 GUI

Při snímání obrazových dat z kamery je nutné zajistit její dostatečné zaostření na snímaný objekt. To se provádí mechanicky otočením hlavy kamery.

Na obrázku 3.4. je možné vidět snímek pořízený kamerou Omnivision OV7620.

Tento software je vhodný pro testování vlastností kamery.

5. Kapitola

Závěr

V této kapitole provedu zhodnocení celé práce a navrhnu další možný postup ve zpracovávání daného problému.

5.1 Možné uplatnění

Tento systém je možné využít pro získávání obrazových dat z paluby létajících strojů jako je například vzducholoď nebo quadrotor. Další využití je možné u strojů, u kterých během jejich pohybu dochází k různým náklonům a instalace kamery bez stabilizované senzorové plošiny by nebyla možná.

5.2 Návaznost na tuto práci

V rámci zlepšení celého systému by bylo vhodné přepracovat řídící algoritmus stabilizované senzorové plošiny (dnes běžící na desce LPCeurobot) a nainstalovat ho na kamerový modul CMUcam3. Pomocí tohoto modulu pak také ovládat pohybový systém (soustavu servomotorů) a současně i zajistit spolupráci modulu CMUcam3 přímo s jednotkou inerciálních měření.

V důsledku tohoto zlepšení by nebyla potřeba využívat desky LPCeurobot ani rozšiřující desky ebBoard. Tím by se snížila hmotnost i rozměry celého systému. Bylo by ušetřeno přibližně 50 gramů a také sníženy nároky na proudový odběr systému.

Dále je potřeba dokončit bezdrátový přenos dat z modulu CMUcam3 do obslužného PC pomocí modulu Gumstix Overo™ Fire Com za použití speciálního konektoru FH26-27 S-0,3SHW potřebného k propojení modulu Overo™ Fire Com s modulem CMUcam3.

5.3 Shrnutí

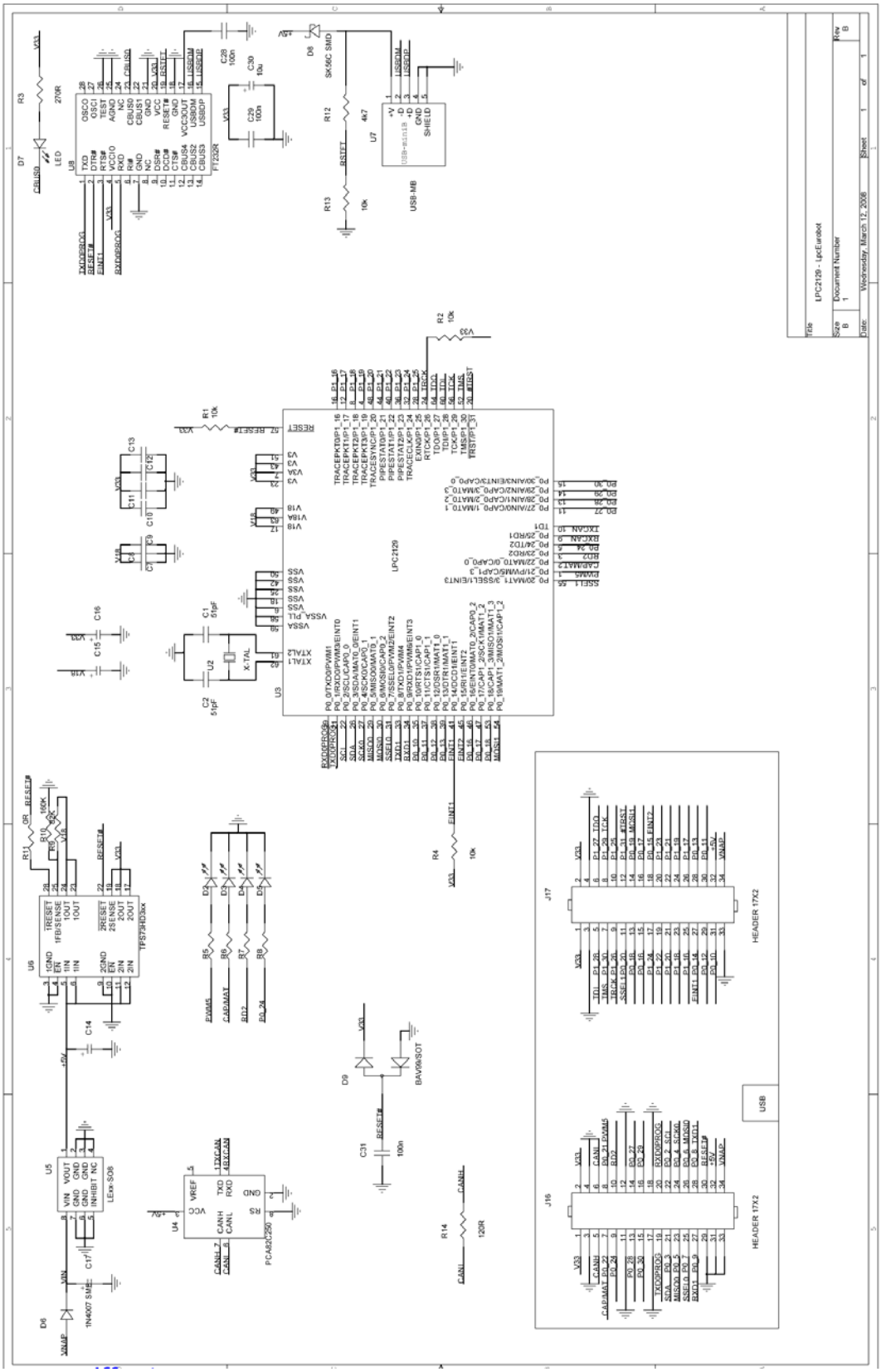
V rámci této práce byl vybrán hardware vhodný pro realizaci daného úkolu. Byly vybrány dostatečně výkonné servomotory o nízké hmotnosti Futaba S3154, modul CMUcam3 pro zpracování obrazových dat z kamery Omnivision OV7620 a modul Gumstix Overo™ Fire Com pro přenos bezdrátových dat do obslužného počítače. Za použití servomotorů Futaba byla mechanicky sestrojena stabilizovaná

senzorová plošina vhodná pro instalaci na model vzducholodě. Byla získána data ze senzorů polohy umístěných na jednotce inerciálních měření a následně zpracována navrženým řídícím algoritmem. Tato data byla použita pro ovládání stabilizované senzorové plošiny pomocí desky LPCeurobot. Nepodařilo se realizovat bezdrátový přenos obrazových dat z kamery pomocí modulu Gumstix Overo™ Fire Com z důvodu chybějícího propojovacího kabelu mezi tímto modulem a modulem CMUcam3.

Řídící algoritmus stabilizované senzorové plošiny byl otestován a byla získána obrazová data z kamery. Senzorová stabilizovaná plošina byla připojene ke vzducholodi a byla tak ověřena možnost využití napájení z baterie a z řídící jednotky umístěné v gondole.

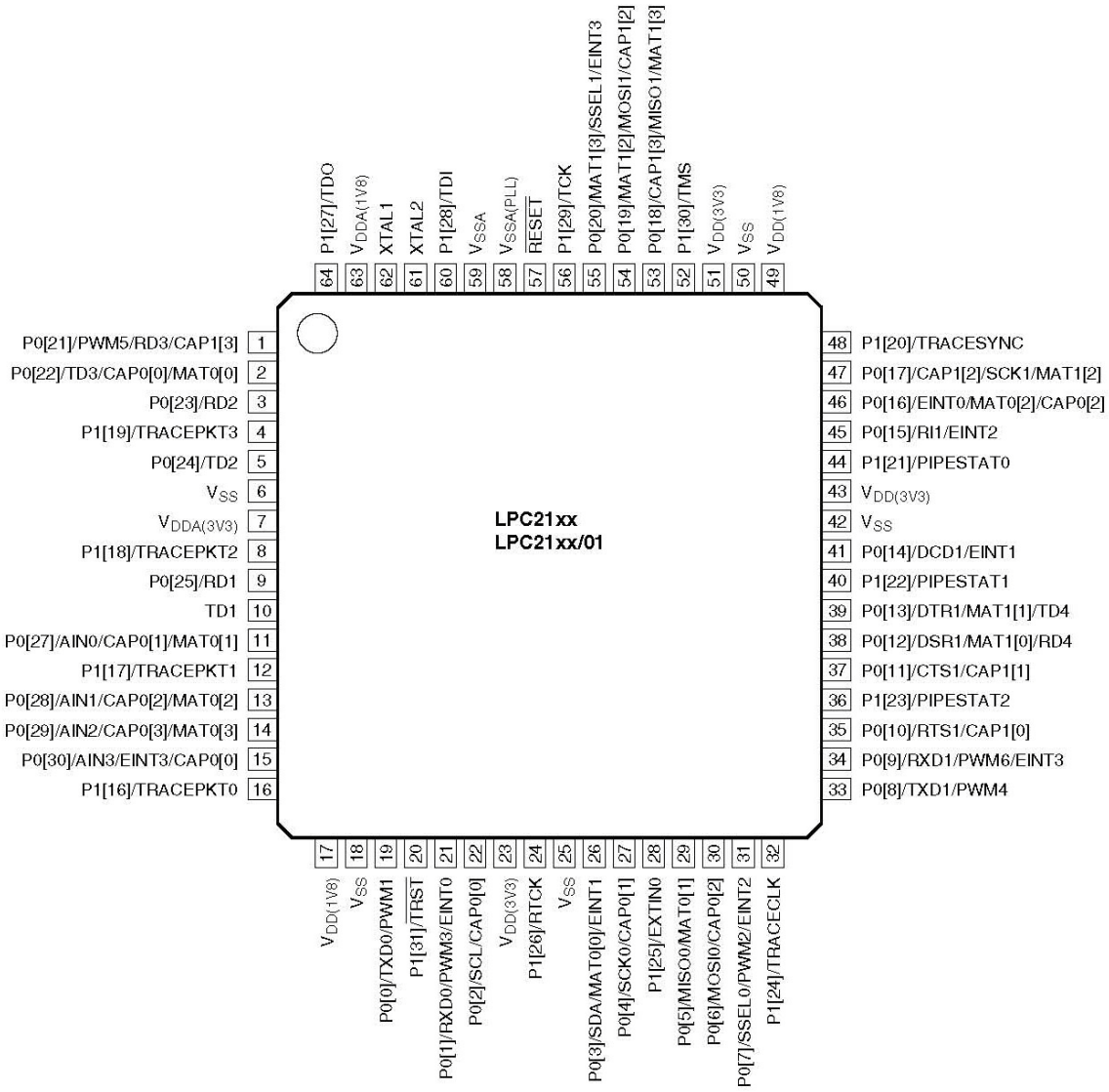
Příloha A.

Schema desky LPCeurobot



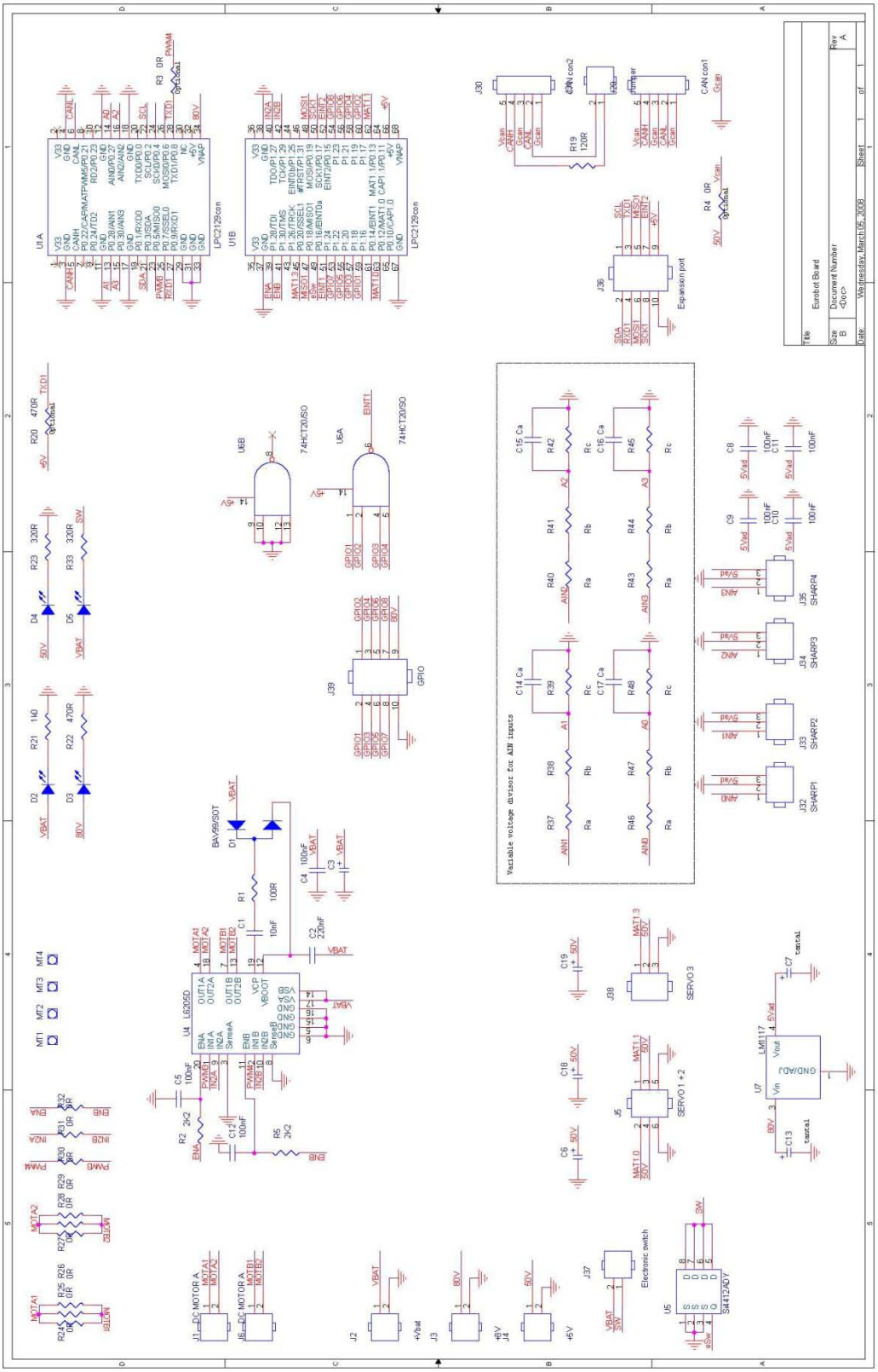
Příloha B.

Zapojení procesoru LPC2119



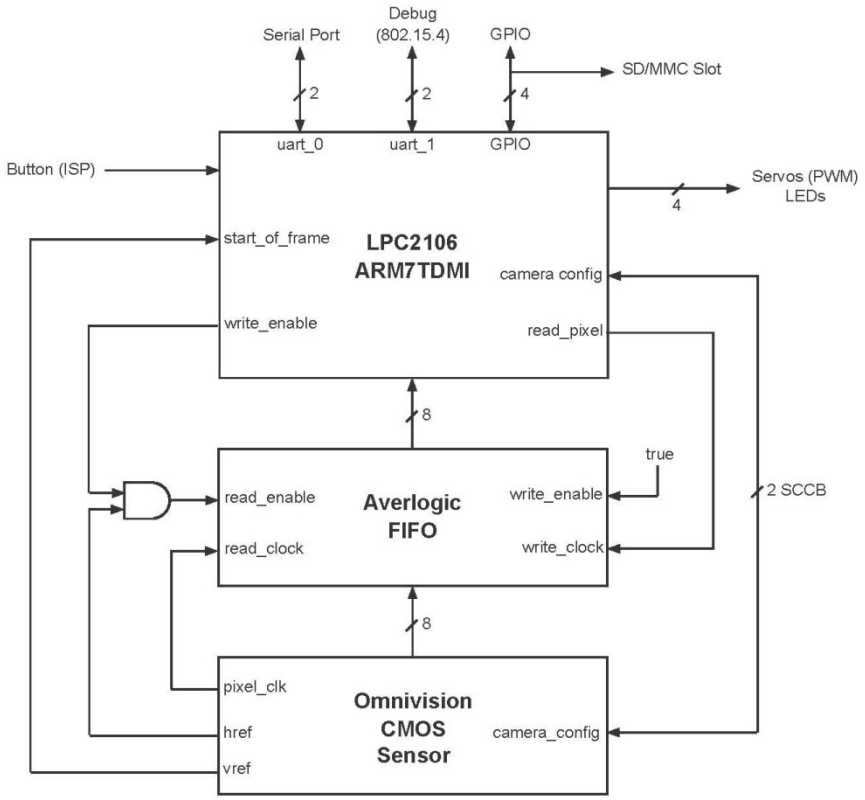
Příloha C.

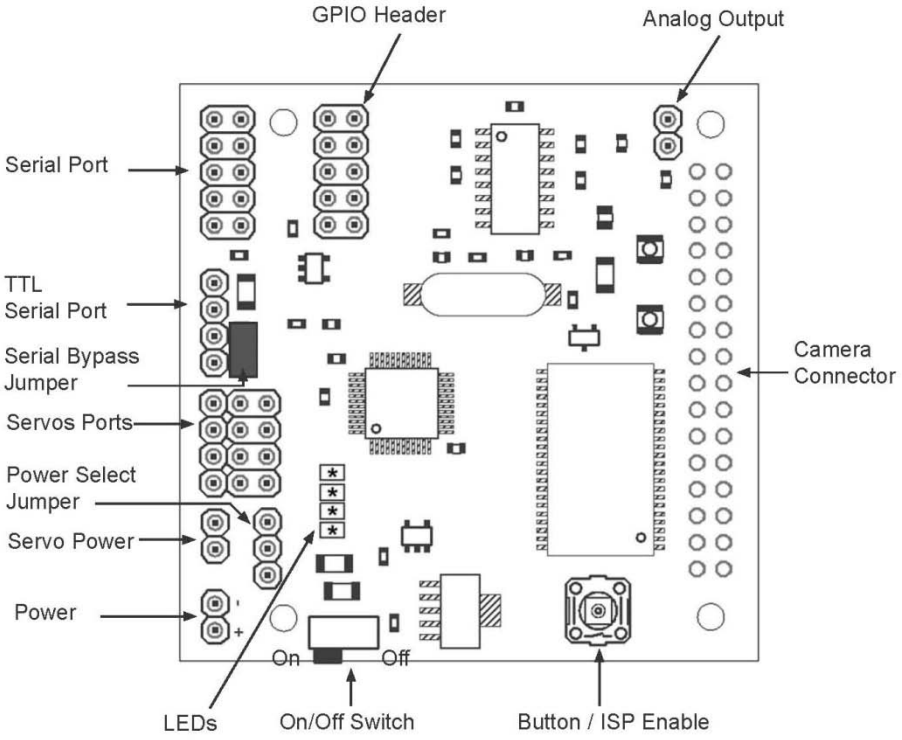
Schema rozšiřující desky ebBoard



Příloha D.

Blokové schema a zapojení CMUcam3





Příloha E.

Obsah přiloženého CD

- Text této bakalářské práce v elektronické podobě
  (kořenový adresář)

- Zdrojový kód s algoritmem řízení stabilizované senzorové plošiny
  (adresář source)

- Software a návod potřebný k instalaci modulu CMUcam3
  (adresář installation)

- Katalogové listy použitých zařízení

  (adresář datasheets)

Literatura

[1] Mareček J. (2008), Experimentální létající stroj – orientace v prostoru, Diplomová práce

[2] Bittner J. (2009), Vzducholoď – základní řízení, Diplomová práce

[3] Pčolka M. (2009), Stabilizovaná senzorová plošina, Bakalářská práce

[4] Houda Labiod, Hossam Afifi, Costantino De Santis (2007), Wi-Fi™ Blurtooth™ ZigBee™ and WiMax™

[5] článek Mobilní autonomní robot pro soutěž Eurobot 2008, Automa 6/2008

[6] veškeré katalogové listy k použitému hardwaru, přiložené na CD