



## **Středoškolská technika 2012**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

# **Létající záznamové zařízení Milana Trollera**

**Milan Troller**

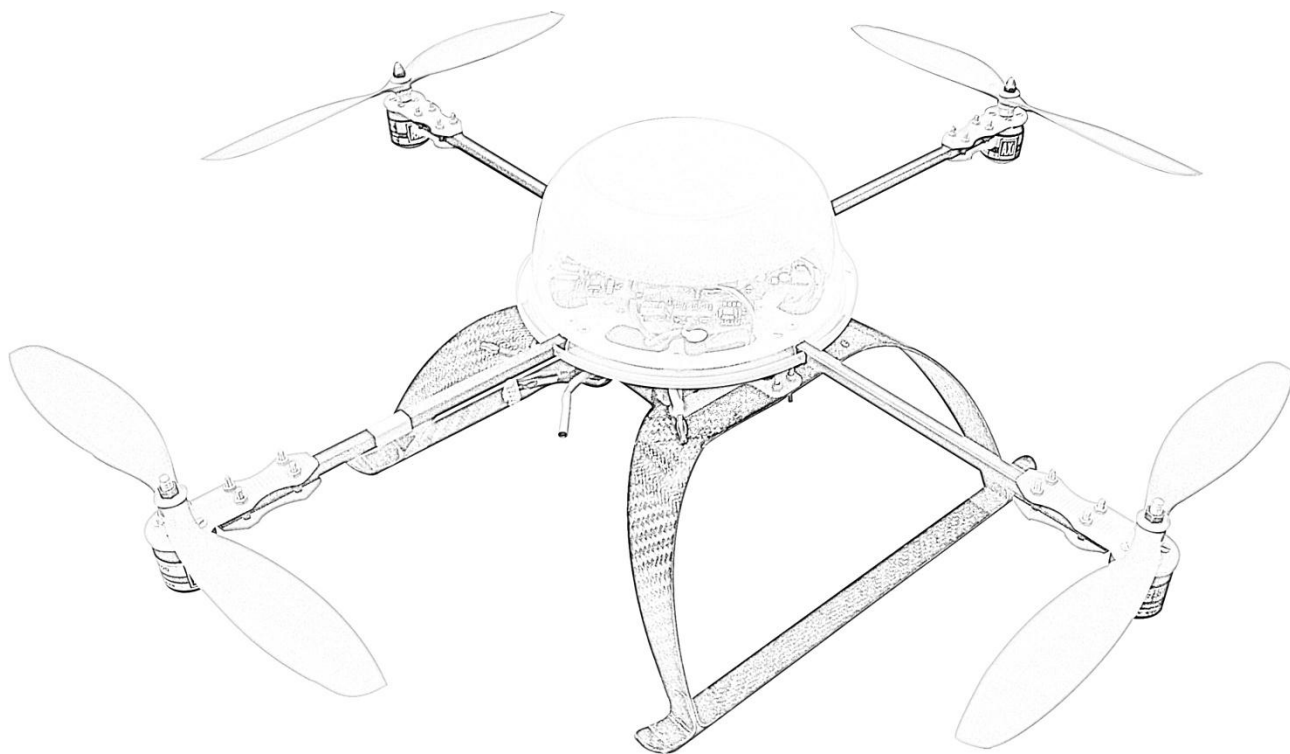
**SMÍCHOVSKÁ STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA**

**Preslova 25, Praha 5**

2011/2012

Smíchovská střední průmyslová škola  
Preslova 25

Milan Troller, 4.L



# [LÉTAJÍCÍ ZÁZNAMOVÉ ZAŘÍZENÍ]

Garant: Ing. Radko Sáblík

Konzultanti: Ing. Michal Schmirler, Ing. Karel Fuksa

Název:	Létající záznamové zařízení
Konzultanti:	Ing. Michal Schmirler, Ing. Karel Fuksa
Zadání:	Navrhněte a zprovozněte létající zařízení, ovladatelné na dálku, které bude schopné nést kameru a pořizovat záznam z letu.
Účel projektu:	Průzkum možností a realizace funkčního prototypu, včetně kompletní dokumentace a informací o průběžném rozhodování v průběhu projektu pro umožnění dalšího uplatnění získaných informací Zdokonalení znalostí aviatiky, bezdrátového přenosu informace a práce s hardware a software toto zajišťující Získání praxe v komunikaci s kolegy na vysokoškolské úrovni Propagace školy
Výstupy projektu:	Létající RC zařízení, audiovizuální záznamy, dokumentace
Obsah:	Proveďte analýzu problému a navrhněte postupy pro splnění zadání Sestavte harmonogram prací a hodnotící list s bodovanými úkoly Proveďte vlastní řešení projektu dle schváleného harmonogramu Proveďte závěrečné zhodnocení projektu Odevzdejte závěrečnou zprávu ve formě dokumentu v programu Word Odevzdejte prezentaci projektu v programu PowerPoint Proveďte veřejnou prezentaci svého projektu

Maturitní projekt bude mít teoretickou a praktickou část. V teoretické části odevzdáte vtištěnou závěrečnou zprávu a případné další výstupy, plynoucí z vašeho projektu. Závěrečná zpráva, podklady pro prezentaci a případné další výstupy budou rovněž na připojeném nosiči CD. Součástí projektu je závěrečná veřejná prezentace projektu před třídou a dalšími návštěvníky prezentace.

V praktické části budete svůj projekt obhajovat před maturitní komisí.

**Prohlašuji, že jsem maturitní práci vypracoval samostatně pod vedením garanta Ing. Sáblíka, za pomoci konzultantů Ing. Schmirlera, Ing. Fuksy a dalších pracovníků ČVUT FS. V práci jsem použil informační zdroje uvedené v seznamu použité literatury a internetových stránek.**

Praha .....

Podpis celým jménem

## Annotation

The goal of our project called “Létající záznamové zařízení” is to design and build a remote control flying device capable of holding a camera and taking pictures or video while flying. I have chosen the topic because I like IT, electronics, remote control models and this was a challenge. I have cooperated mainly with my classmate Milan Troller and CTU deputized by Michal Schmirler, MSc. (who was also our consultant), Peter Mihalov and James Filipovský.

The project consists of four parts.

The first part is focused on the choice of the device (whether we use a plane, helicopter or something else).

The second part is geared to design a model (using Autodesk Inventor).

The third part deals with building the real model.

The last part is to make the model functioning, take some videos and edit them.

Firstly we were browsing the Internet a lot. Then we decided to make a Quadcopter.

Secondly we made a plan, how to build it and made 3D models of parts we needed to mill. We also chose and ordered other parts (motors, regulators, LiPo and other electronics).

Then we milled what we needed and put the parts together. We also soldered the electronics.

Finally, when it was assembled and soldered, we mounted the camera and took some videos.

In conclusion I would like to mention that realization of this project would not be possible without the help of CTU, especially Michal Schmirler, MSc.

The output of the whole project is fully functioning Quadcopter.

Hopefully the material could be used to build another Quadcopter like ours.

The whole project can be used for the school promotion during School Open Days, Schola Pragensis and whenever it is good to have a video taken from the air.

## Anotace

Cílem našeho projektu „Létající záznamové zařízení“ je navrhnout a postavit rádiem řízené létající zařízení schopné nést kameru a pořizovat fotografie či video z letu. Tento projekt jsem zvolil, protože mám rád IT, elektroniku, rádiem řízená zařízení a toto byla výzva. Spolupracoval jsem převážně se spolužákem Milanem Trollerem a ČVUT zastoupené Ing. Michalem Schmirlerem, Petrem Mihalovem a Jakubem Filipovským.

Projekt se sestává ze čtyř částí.

První část je zaměřena na výběr zařízení (jestli použijeme letadlo, vrtulník nebo něco úplně jiného).

Druhá část je zaměřena na navrhování modelu (za použití Autodesk Inventoru).

Ve třetí části jsme se vypořádali se stavbou skutečného modelu.

V poslední části jsme model zprovoznili a pořídili nějaké videa a ta jsme následně upravili.

Nejdříve jsme hodně pročítali internetové stránky. Poté jsme se rozhodli postavit quadcopter.

Poté jsme udělali plán, jak ji postavit a vymodelovali 3D modely součástí, které jsme potřebovali vyfrézovat. Také jsme vybrali a objednali ostatní součásti (motory, regulátory, akumulátory a další elektroniku).

Poté jsme vyfrézovali a sestavili součásti dohromady. Také jsme spájeli elektroniku.

Nakonec, když byl model sestaven a spájen, jsme přidělali kameru a pořídili nějaké záznamy.

Na závěr bych rád zmínil, že realizace toho projektu by nebyla možná bez pomoci ČVUT, zvláště pak Ing. Michala Schmirlera.

Výstupem celého projektu je plně funkční quadcopter.

Doufejme, že náš projekt bude moct být použit pro stavbu dalšího quadcopteru.

Celý projekt může být použit pro reprezentaci školy při dni otevřených dveří, Schole Pragensis a kdekoli bude užitečné pořídít video ze vzduchu.

## Obsah

Annotation.....	3
Anotace.....	4
Analýza projektu .....	2
Popis úkolu.....	2
Popis stávajícího stavu .....	2
Popis výběru prostředků vhodných pro řešení projektu.....	2
Popis výběru variant řešení postupu .....	4
Stanovení dílčích úkolů.....	5
Finanční rozbor .....	6
Řešení projektu.....	7
Výběr projektu.....	7
Hledání prostředí .....	8
Řešení vlastního projektu.....	8
Závěr.....	10
Zdroje .....	12
Seznam příloh.....	13

# Analýza projektu

## Popis úkolu

Naším úkolem je navrhnout prototyp rádiem řízeného létajícího zařízení. Toto zařízení musí být schopné nést kameru či fotoaparát. Budeme tedy muset vzít v potaz možnosti umístění kamery či fotoaparátu a navrhnout a zkonstruovat pro tento účel držák. Návrh musí být realizovatelný a cenově dostupný. Další částí projektů je jeho fyzická realizace. Zařízení musí být navrženo s ohledem na naše možnosti a schopnosti a možnost pořizovat kvalitní záznam.

Dále by mělo sloužit k reprezentativním účelům školy, natáčení leteckých záběrů například školních akcí nebo pro jiné účely ve spolupráci s řešiteli jiných projektů.

## Popis stávajícího stavu

Na začátku projektu byl nápad. Tento nápad jsme po konzultaci s ředitelem školy začali řešit jako projekt maturitní. Okolo projektu byla a stále je řada neznámých. V prvopočátku jsme neměli nic, krom nadšení pro projekt. Studium modelářství a různých typů konstrukcí náš nápad začal dostávat konkrétní podobu. V současné době jsme díky hodinám studia vybaveni alespoň základním know-how pro realizaci našeho projektu. Jsme rozhodnutí pro určitý typ konstrukce a řídicí jednotku, zajišťující stabilitu. Díky odbornému konzultantovi Ing. Schmirlerovi budeme schopni projekt realizovat. ČVUT-FS zajistí finanční podporu projektu a Ing. Schmirler nám je už nyní velmi nápomocen a díky jeho zkušenostem nám napomáhá v rozhodování se v klíčových otázkách projektu i dalšími věcmi.

## Popis výběru prostředků vhodných pro řešení projektu

Vzhledem k tomu, že výstupem projektu má být technická dokumentace, závěrečná zpráva a prezentace, bylo nezbytně nutné zvolit software vhodný k vytvoření výše zmiňovaných dokumentů. Na základě rozhodovací tabulky (viz níže) jsme se rozhodli využívat online kancelářskou sadu Google Docs. Jejím zvolení pomohl především propracovaný systém ukládání dat do cloudu, systém sdílení dokumentů a v neposlední řadě nulové pořizovací náklady a vysoká uživatelská přívětivost. Původně jsme uvažovali sadu LibreOffice - tu jsme nezvolili především z důvodu



absence systému pro ukládání a sdílení dokumentů, ale také pro nízké požadavky na funkce nutné pro tvorbu požadovaných dokumentů.

	Uživatelská přívětivost	Funkčnost (komplexnost)	Cena	Systém ukládání, zálohy a sdílení dat	Přenositelnost dokumentů	Celkový bodový zisk	Pořadí
Microsoft Office	4	2	0	0	1	7	4
LibreOffice	7	8	10	0	6	31	2
Google Docs	8	3	10	10	9	40	1
LaTeX	0	10	10	0	1	21	3

Dalším výstupem projektu je pochopitelně vlastní létající zařízení. Základem bylo zjistit informace o jednotlivých dostupných typech konstrukce. Toto zahrnovalo studium řady článků na internetu. Na základě další rozhodovací tabulky jsme se rozhodli zvolit quadcopter. Pokud pomíneme dražší a větší příslušníky rodu multikoptér, pak je z uvažovaných typů konstrukce jednoznačně nejstabilnější a umožňuje pořizování stacionárních záznamů. Konstrukci jsme se rozhodli založit na německém projektu Mikrokopter. Náročnost konstrukce bude pravděpodobně nesrovnatelně složitější i dražší než v případě ostatních typů konstrukce, ale věříme, že výsledek bude stát zato. Dalším benefitem tohoto řešení je možnost rozšíření projektu v budoucích letech dalšími studenty, například doděláním GPS navigace, autonomního systému řízení a podobně.

	Stabilita ve vzduchu	Cena	Složitost ovládání	Zkušenosti s ovládáním	Nosnost / Velikost / Cena	Variabilita záznamů	Celkový bodový zisk	Pořadí
Deltové samokřídlo	6	10	8	5	7	2	38	3
Hornoplošník	7	9	7	5	4	1	33	5
Dolnoplošník	6	9	6	5	4	1	31	6
Vrtulník	6	7	3	2	3	7	28	7
Quadcopter	9	5	9	0	9	9	41	1
Hexacopter	9	4	9	0	8	9	39	2
Oktocopter	10	0	9	0	7	10	36	4

Ke zpracovávání projektu, jednotlivých výstupů, zjišťování informací a komunikaci je zapotřebí počítačů. Vzhledem k faktu, že oba řešitelé projektu vlastní notebook, bylo jejich použití k tomuto účelu jasnou volbou. Na notebooku studenta Trollera bude využívána Linuxová distribuce Sinux. Na notebooku studenta Hartmana bude využívána Linuxová distribuce Ubuntu. Jako webový prohlížeč je použit Firefox a Chromium.

## Popis výběru variant řešení postupu

Když byl projekt v zárodku, nebylo jasno, jakým způsobem bude zařízení ovládáno, zda bude záznam přenášen v reálném čase na zem a vlastně ani jak bude vůbec vypadat a jaké budou výstupy projektu.

První výstup - vlastní zařízení - byl jasný. Výběr typu konstrukce a konkrétního řešení je popsán výše.

Dalším dílčím výstupem bude dokumentace zařízení a dokumentace postupu jeho sestavení. Vzhledem k existenci částečné dokumentace zařízení v cizím jazyce jsme se rozhodli tuto dokumentaci přeložit a doplnit. Dokumentace postupu sestavení zařízení bude provedena ve

formě textového dokumentu případně doplněného fotografiemi. Výběr software k tomuto potřebný je zdůvodněn výše.

Posledním výstupem projektu budou krátká videa, pořízená právě námi sestaveným zařízením. Součástí našeho projektu bohužel z finančních důvodů nebude kamera. Z tohoto důvodu bude potřeba použít buď kameru soukromou, případně školní. Konečné rozhodnutí není kritické a bude záležet na aktuální situaci. V případě videí bude vhodná lehká editace či střih. K tomuto účelu zvolíme software v průběhu realizace projektu, neboť vzhledem k nízkým nárokům na tento software by rozhodnutí mělo být jednoduché a pro realizaci projektu není klíčové.

Nedílnou částí projektu je též plakát. Pro jeho vytvoření je též zapotřebí software. Na základě rozhodovací tabulky (viz níže) jsme se rozhodli použít opensource editor GIMP.

	Cena	Funkčnost (komplexnost)	Zkušenost s ovládáním	Podpora námi využívané platformy	Celkový bodový zisk	Pořadí
Malování	10	3	8	1	22	2
Adobe Photoshop	0	10	2	0	12	3
GIMP	10	8	8	10	36	1

## Stanovení dílčích úkolů

Naším prvním úkolem bylo studium různých typů konstrukce a výběr konstrukce trupu vhodné pro náš projekt. Tento úkol jsme provedli společně a podrobněji je rozepsán výše.

Druhým úkolem je výběr konkrétních komponent na základě finančního rozboru (viz níže). Toto provede student Hartman ve spolupráci s Ing. Schmirlerem.

Třetím úkolem bude překlad a doplnění technické dokumentace zařízení. Toto provede student Troller.

Úkolem pro projekt nejkritičtějším je samotná fyzická realizace stavby zařízení. Toto provedou společně oba studenti za asistence Ing. Schmirlera.

Pilotování zařízení a pořízení leteckých záznamů, vzhledem ke zkušenostem s řízením RC zařízení provede student Hartman. Na editaci videí se budou podílet oba studenti.

## Finanční rozbor

Realizace projektu je možná pouze díky finanční podpoře ČVUT-FS. Na základě předběžně přislíbené částky jsme provedli finanční rozbor. Vzhledem k finanční náročnosti projektu nebude jeho součástí vysílač nutný pro řízení zařízení, ani kamera či fotoaparát.

Mozkem celého zařízení je komponenta označovaná jako FlightCtrl. Její nákup je pro projekt nutný a cena je neměnná - 360€ (cca 9000,-Kč, 4. 10. 2011).

Pro regulaci otáček jsou nutné speciální regulátory s velmi nízkou reakční dobou. Pro tento účel jsou dostupné dva typy regulátorů. Levnější, starší a méně výkonný typ regulátorů BI-Ctrl V1.2 stojí 40€ (cca 1000,-Kč, 4. 10. 2011) a je schopen motoru konstantně dodávat proud max 12A. Dražší, novější a výkonnější regulátor BI-Ctrl V2.0 stojí 55€ (cca 1375,-Kč, 4. 10. 2011) a je schopen motoru konstantně dodávat proud až 35A. Vzhledem k nutnosti použít silnější motory, aby zařízení uneslo kameru, jsme zvolili silnější regulátory. Zajistili jsme tím i možnost zařízení v budoucnu rozšířit o další rotory za vzniku například hexacopteru.

Samotný pohon zařízení budou obstarávat elektromotory. Zprvu jsme přemýšleli o slabších motorech o výkonu 130W/kus při ceně cca 350,-Kč/kus ale z výše zmíněných důvodů jsme zvolili silnější motory o výkonu 340W/kus při ceně cca 650,-Kč/kus.

Dále budou zapotřebí dvě pravotočivé a dvě levotočivé vrtule. Finální výběr nebyl proveden, cena pravděpodobně nepřekročí 500,-Kč celkem.

K napájení motorů a další elektroniky jsme zvolili čtyř článkový Li-Pol akumulátor. Akumulátory s dostatečnou kapacitou, umožňující námi požadovaný odběr proudu se pohybují okolo 2500,-Kč.

Pro ovládání zařízení je třeba přijímač. V současné době jsou na trhu k dispozici 35-40MHz přijímače a přijímače využívající frekvence 2,4GHz. Zvolili jsme druhou variantu pro její

perspektivitu do budoucna, možnosti využití velkého počtu vysílačů zároveň bez vzájemné interference signálů a pro možnost zároveň vysílat k zařízení a ovládat ho a zároveň přijímat ze zařízení údaje o nabití akumulátorů, výšce, teplotě a dalších údajů.

K realizaci zařízení bude zapotřebí konstrukce, do které se usadí veškerá elektronika, motory a akumulátor. Cenu není možné předem stanovit přesně, odhadujeme ji ale do 1500,-Kč.

Další náklady jako jsou kabely, konektory a další drobná elektronika, nejsou v celkovém poměru tak nákladné, aby mělo smysl uvažovat jejich dopad na rozpočet. Konečné rozhodnutí se seznamem jmenovitých součástek bude součástí zvláštní správy, kterou napíšeme po objednávce.

## Řešení projektu

Vzhledem k tomu, že projekt jsem zpracovával dohromady s kolegou Michalem Hartmanem, stejně jako v případě prezentace jsme se rozhodli pro rozdělení svého řešení na dvě trochu jiná zaměření. Kolega Hartman popisuje vlastní hrubé postupy při výrobě těla, já se pokusím nastínit celkové fungování našeho společného úsilí na projektu.

## Výběr projektu

Když jsme se v minulém školním roce rozhodovali nad tím, co si vybereme jako svůj projekt, nebyli jsme moc spokojeni s výběrem dostupných témat. Nikomu z nás se nezamlouvalo ani jedno ze školních témat, povětšinou prostě proto, že nám přišla nudná a z našeho pohledu zbytečná. Čas uzávěrky odevzdání výběru závěrečné práce se ale blížil a my jsme potřebovali téma. Už naše hledání tématu probíhalo velmi impulzivně a nápaditě což byl duch, ve kterém se neslo celé vypracování projektu. Dalo by se říct, že nápady, které nám přišly na mysl, a které jsme si navzájem ukazovali (za což jsme byli nejednou napomenuti za vyrušování), létaly z jednoho konce spektra na druhé. Buď byly zdaleka moc nemožné, nelegální, nebo prostě šílené (raketa do vesmíru, vybombardovat parlament, dobýt Německo), nebo nám došlo, že takovýto projekt bychom jednoduše nechtěli dělat, protože by byl moc nudný, pracný, nebo obojí. Postupem času se však návrhy stávaly reálnější a zajímavější. Tou dobou jsem na internetu narazil na jednom diskusním

fóru na vlákno o funkčních modelech letadel s kamerou, které byly schopny natáčet záznam z pohledu první osoby během letu. Velmi se mi to zalíbilo, a brzy se to stalo jednou komponent našich probíraných nápadů, a ty se pomalu začaly blížit reálně splnitelnému a přitom relativně zajímavému základu. Druhou otázkou bylo, jaký použít pro kameru nosný systém. Samozřejmě, úplně první myšlenka byla letadlo, jenže to mi osobně přišlo jako celkem nudná možnost, takže jsem se již brzy snažil přijít s něčím jiným.

Narazil jsem na projekt Mikrokopter, který nabízel několik klíčových vlastností. Zaprvé, připadal mi tehdy velmi jednoduchý. Nakoupíte pár destiček elektroniky, poskládáte z něčeho tělo, a má to létat skoro samo. Znělo to skvěle. Ach kéž bych věděl, jak Hurvínkovsky jsem si tehdy tu válku představoval. Tak jako tak, tenhle nápad už se poté zalíbil i kolegovi Hartmanovi, takže jsme brzy měli jasno.

## Hledání prostředí

Měli jsme tedy celkem dobrou představu, co chceme udělat, a za co. Za co, ale? Bylo nám dost jasné, že i když budeme stavět co nejlevněji, co dokážeme, cena projektu se rychle vyšplhá daleko do tisíců korun. Jako celkem chudí studenti jsme neměli moc možnost svůj projekt platit sami. Rychlá návštěva kanceláře ředitele školy s tím, jestli by pro nás mněl nějaké peníze, se velmi rychle setkala s negativní odezvou. Ovšem bylo poukázáno, že Fakulta Strojní ČVUT některé projekty zastřešuje, včetně finančního krytí. Inu vydali jsme se za profesorem Fuksou, který nás odkázal na Ing. Michala Schmirlera, kterého jsme kontaktovali a byli jsme pozváni na něco jako pohovor. Šli jsme na fakultu více méně poprvé, a měli jsme tehdy oči, jak se říká, “na vrch hlavy”. Pan Schmirler nás velkoryse přijal, a náš nápad se mu zalíbil. Po několika sezeních, kde jsme mu nastínily náš záměr a požadavky takového projektu, přislíbil nejen finanční základ a to, že bude naším konzultantem, ale také zázemí a zkušenosti, které by nám mohly s projektem pomoci.

## Řešení vlastního projektu

Vlastní řešení projektu probíhalo velmi spontánně. V tomto směru jsme si s kolegou Hartmanem velmi padli do noty, a myslím si, že neznám spolužáka, se kterým by se mi na projektu dělalo lépe. Přesto, že spousta lidí nás má oba za povaleče a lenochy (což je v některých směrech pravda), práce začala probíhat velmi svižně a oba jsme se celkem spolehlivě začali hecovat do

svižného tempa. Bylo jasné, že práce je dost, a času méně, než se zdálo. Bylo nutné vybrat jednotlivé součástky, některé navrhnout a vyrobit, poskládat všechno dohromady, sladit, natočit videa, a všechno zdokumentovat, obhájit a odevzdat.

Náš mecenáš na ČVUT vskutku v čas nejen že poskytl prostředky, ale sám dokonce nakoupil součástky, které jsme potřebovali, a stavba začala. Začali jsme s kolegou Hartmanem docházet to dílny laboratoře mechaniky tekutin na fakultě strojní, a rychle zjistili, že se stává místem, kde strávíme značnou část svého času. Velmi dobře vybavená dílna mě fascinovala. Vedle těžkých obráběcích strojů, několika masivních pracovních stolů, obrovského množství všeho možného nářadí, CNC frézy a laseru, a větrného tunelu vlastní laboratoře, jsme si připadali jako na opravdu skutečném vědeckém pracovišti. V dílně i laboratoři bylo často velmi živo. Buchot, vřiskot či skřípění různého náčiní v dílně bylo něco, na co jsme si rychle zvykli, stejně tak jako mohutné burácení větrného tunelu ve vedlejší hale. Strašně nás fascinovala kombinace praktičnosti a “uspořádaného chaosu”, se kterým byla samotná dílna vedena. Na první pohled se zdála být snad naprosto neuspořádaná, ale když jsme si na ni zvykli, objevili jsme precizní a efektivní systém ve způsobu věci.

Kromě Michala Schmirlera jsme se seznámili s dvěma dalšími lidmi, kteří nám mnohokrát pomohli ne jen radou, ale i ukázkou nebo přímo provedením úkonu. Na pracovišti jsme získali spoustu zajímavých informací, které se týkaly nejen našeho projektu. Vlastní manuální práce byla spousta. Pokud jde jmenovitě o fyzické úkony, které jsem prováděl, mohl bych jmenovat doladování výřezů ze sklolaminátu, které vyrobila CNC fréza, vyřezávání všelijakých materiálů jako tlumících pásek, nepočítatelně sešroubování a rozšroubování nějakých částí, nebo třeba vyvažování vrtulí, což byla jedna zkušenost, kterou jsem se naučil přímo na pracovišti.

Pracovali jsme usilovně, a v dílně strávili nejedno odpoledne. Práce bylo spousty, a my jsme si ji velmi často sami přidělávali špatnými postupy. Na dílnu i její osazenstvo jsme si rychle zvykli, i na to, že jedno odpoledne za druhým jsme hned ze školy zamířili rovnou na pracoviště a započali práci. Kvadroptéru jsme nakonec postavili, vzletěli s ní, a tím splnili snad všechny cíle projektu, nehledě nato, že kvadroptéra spadla asi po dvaceti vteřinách a dost se toho rozbilo. Myslím ale, že fakt, že jsme za asi tři další odpoledne jsme ji znovu dostali do funkčního stavu (a v mnoha směrech vylepšenou), poukazuje na to, že jsme nabyli spoustu zkušeností a schopností, které dost možná ještě uplatníme.

## Závěr

Při pohledu zpět na analýzu projektu si dovoluji naprosto sebekriticky tvrdit, že projekt byl naplněn v plném původně zamýšleném rozsahu.

Provedli jsme všechna potřebná rozhodnutí, navrhli řešení, všechno provedli a postavili. Kvadroptéra letěla již v termínu, kdy měla, pravda, video bylo natočeno s týdenním zpožděním, ale bylo sestříháno a předvedeno. Přes pád stroje a zničení některých součástí (ramena, vrtule), zařízení bylo prakticky již plně opraveno a je znova schopno letu. Byly předvedeny všechny výstupy, jak předvedení dílčích kroků v konstrukci, tak také zmíněné video pořízené během letu a technická zpráva, která je součástí tohoto dokumentu. Kvadroptéra je funkční, a bude dále provozována a pravděpodobně dále rozvíjena Ing. Schmirlerem, přičemž já sám s kolegou Hartmanem plánujeme ještě dále na jejím provozu pracovat, poněvadž jde o něco, co nás velmi zajímá a baví.

Rád bych velmi vychválil komunikaci se svým kolegou Hartmanem. Přesto, že mnozí naši spolužáci by předpovídali pravý opak, nikdy jsme nenarazili na jediný větší personální problém. Práce se nesla ve velmi humorném a veselém duchu, a přesto že by mohla působit značně vulgárním způsobem, byla na velmi přátelské úrovni. Myslím si, že oba dva jsme pracovali velmi slušně, a rád bych poukázal na to, že Michal několikrát sám dělal kus práce navíc, když já zrovna kriticky neměl čas, a vždy plnil své vlastní závazky snad dokonce i lépe než já.

Dále, komunikace s Ing. Michalem Schmirlerem byla na velmi dobré úrovni, a i přes zjevný nedostatek vlastního volného času nám nescetněkrát vyšel vstříc, poradil a pomohl, stejně tak jako další pracovníci laboratoře, Petr Mihalov a Jakub Filipovský.

Otázka na problémy mě poněkud uvádí do rozpaků. Byly nějaké? No, řekl bych, milión a přitom žádný. Vzhledem k, řekl bych, z našeho pohledu až badatelského charakteru naší práce byly problémy téměř konstantní. Nevěděli jsme jak něco udělat, nebo jsme si mysleli, že víme, ale bylo to špatně. Nějaká součástka chyběla, třeba byt' jen šroubek, nebo nám nešla a nešla nějaká úprava, software trucoval, atd. Takových problémů bylo tolik, že by to vydalo na další dvě závěrečné správy, ale všechny byly bryskně vyřešeny. Snad jedenkrát mi opravdu zatrnulo, a to bylo, když se



naše poprvé kompletní kvarokoptéra rozbyla o zem, a to paradoxně bylo v okamžiku, kdy už vlastně z našeho pohledu splnila svůj účel a nahrála vzorek videa. Ovšem i toto bylo rychle napraveno.

Jsem velmi rád za tento projekt jako celek, za mohutné zkušenosti s prací na pracovišti, s fakultou jak takovou. Jsem vděčný za zkušenosti jak čistě ruční práce, tak za zkušenosti z elektrotechniky, manipulace s malými počítači (řídící jednotka kvadroptéry) tak za zkušenosti v podílení na projektu který se zdaleka dá přirovnávat k opravdovému výzkumu.

Jsem vděčný za to, že jsem se mi podařilo podílet se na konstrukci něčeho tak fascinujícího, a úžasného, a rozhodně si myslím, že v tomto směru je tento projekt přínosem.

## Zdroje

<http://www.mikrokopter.de/>

<http://www.kopter.cz/>

<https://www.mikrocontroller.com/>

<http://www.rcshop.eu>

<http://www.modelmotors.cz/>

<http://www.root.cz>

<http://www.ecalc.ch/>

<http://www.hyperion-world.com>

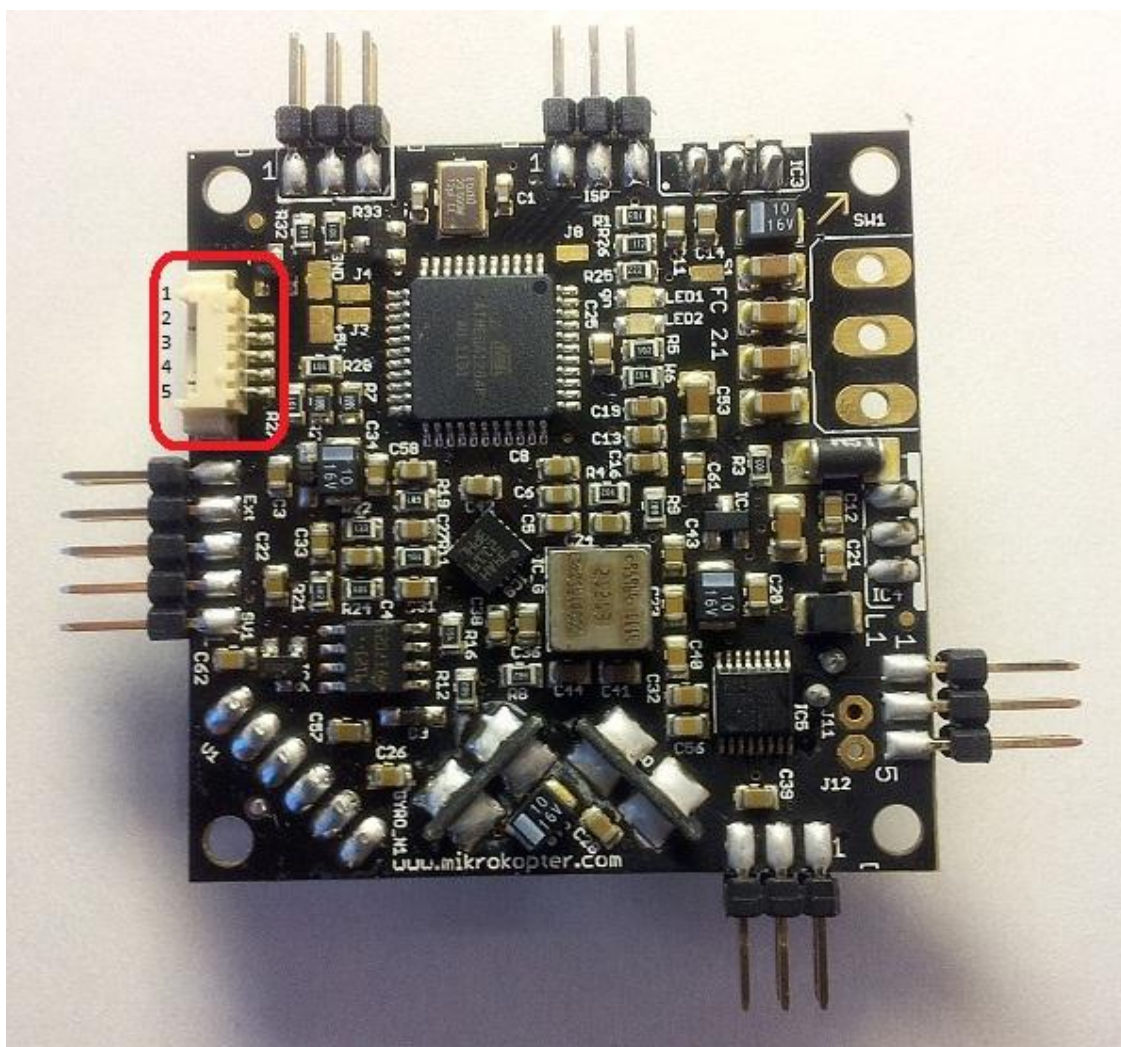
## Seznam příloh

1. Technická zpráva
2. CD
3. Plakát

# Technická zpráva

## Flight-Ctrl V2.1

Naprostu zásadní a kritickou komponentou je Flight-Ctrl (v našem projektu je použita verze 2.1). Volným překladem výrazu Flight Control je řízení letu, což přesně vystihuje její účel. Tato komponenta zajišťuje ovládání modelu, stabilitu ve vzduchu a je hlavní funkční součástí, bez které by model nebyl schopen letu.

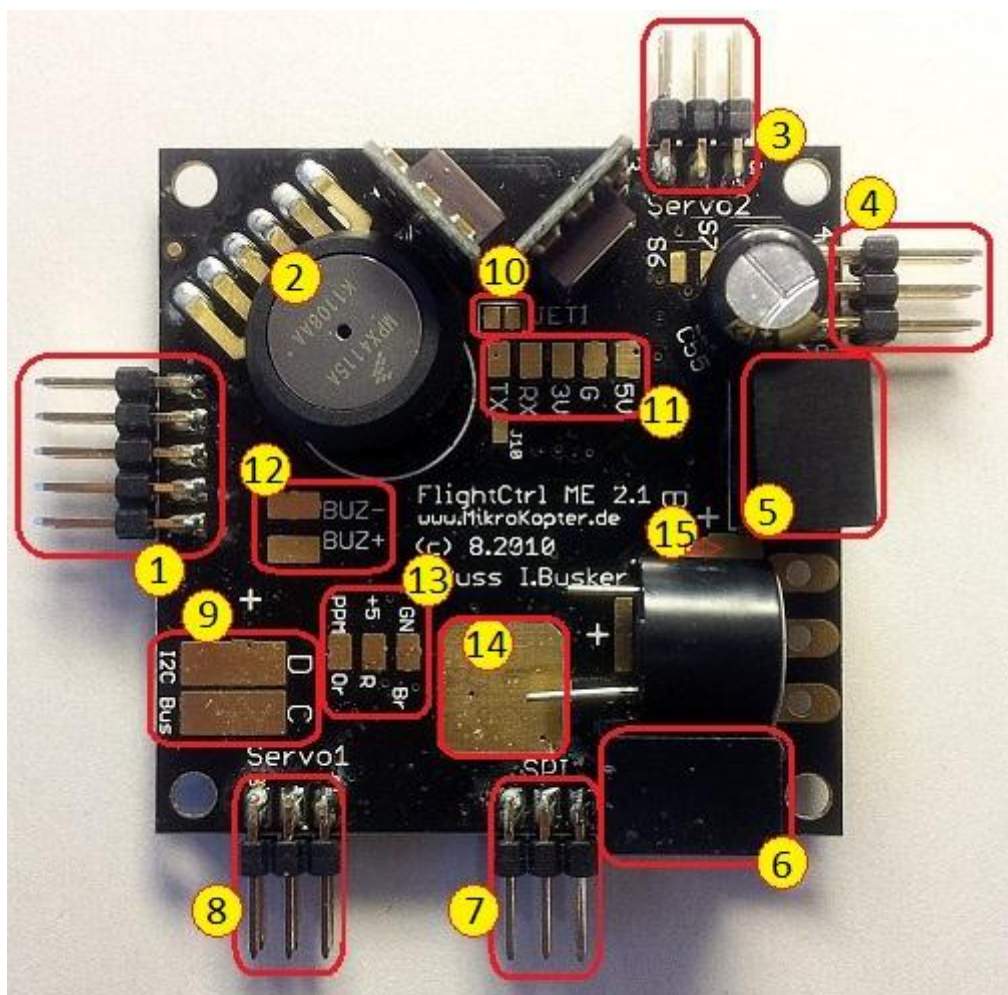


Flight-Ctrl V2.1 - pohled shora

Šipka v pravém horním rohu musí směřovat na čelní rameno quadrokoptéry. Čelní rameno je vhodné i nějak označit. Na obrázku je označen molex konektor, kterým se propojuje Flight-Ctrl a tištěný spoj, starající se o rozvod energie (power distribution board).

Vodiče molex kabelu od shora dolů:

- 1) - Bzučák a FC
- 2) + Bzučák
- 3) Sběrnice I2C (D)
- 4) Sběrnice I2C (C)
- 5) +12V



Flight-Ctrl V2.1 zesponu

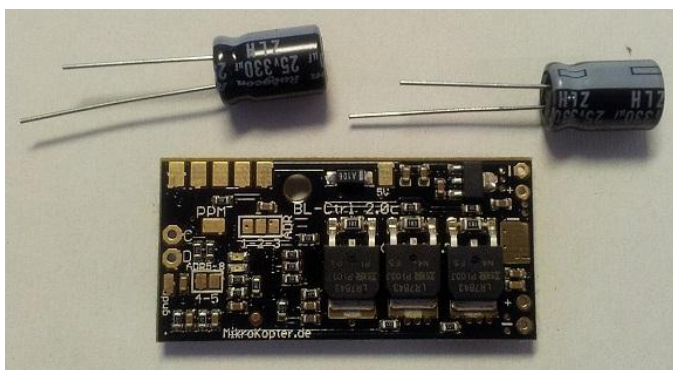
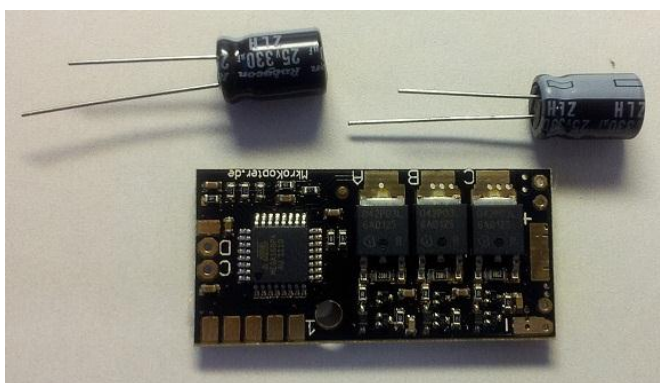
- 1) 10 pinový konektor pro MK-USB nebo Navi-Ctrl
  - 2) Snímač tlaku
  - 3) 6 pinový konektor pro servo 2 a 3
  - 4) 6 pinový konektor pro servo 3 a 4
  - 5 - DC/DC voltage regulator 5v Recom for Flight Controller
  - 6 - DC/DC voltage regulator 5v Recom for servos
  - 7) 6 pinový konektor pro Navi-Ctrl
  - 8) 6 pinový konektor pro servo 1 and switchable J16/J17 connectors
  - 9) Konektor sběrnice I2C (C/D) pro regulátory motorů (BL-Ctrl)
  - 10) JET (Pokud použijete přijímač Jeti Satellite, budete muset přemostit tyto dva piny)
  - 11) 5 pinový konektor (5V, GND, 3,3V, RX, TX)
- Zapojení přijímače Jeti:
- Zapojte PPM kabel podle #13, přemostěte piny podle #10 a zapojte RX
- Zapojení přijímače Spektrum Satellite:
- Zapojte oranžový kabel přijímače na 3,3V, černý na G a šedý na RX
- 12) Piny pro bzučák (BUZ-/BUZ+)
  - 13) Piny pro PPM výstup z přijímače (GN-hnědá, +5V-červená, PPM-oranžová)
  - 14 - Záporné (GND) připojení pro Flight Control
  - 15 - Kladné (+) připojení pro Flight Control (pokud je použit vypínač)

Pokud se rozhodnete použít tištěný spoj pro rozvod energie (power distribution board) a propojit ho s Flight-Ctrl molex kabelem, pak nemusíte pájet sběrnici I2C, bzučák a napájecí kabel. Pouze napájecí kabel přijímače musí být připájen přímo k Flight-Ctrl. Bzučák je zapojen přímo na odpovídající piny tištěného spoje pro rozvod energie. Sběrnice I2C a napájení je zajištěno molex kabelem.

Jinak je také možné připojit Flight-Ctrl přímo na rozvod energie a pak není potřeba pužít Molex kabel.

Pozor! Když montujete Flight-Control, šipka na horní (osazené) straně desky musí mířit k prvnímu (přednímu, obarvenému) rameni.

## Brushless Ctrl (bezkomutátorový řadič) (nebo Electronic Speed Controller, ESC (elektronický ovladač rychlosti))



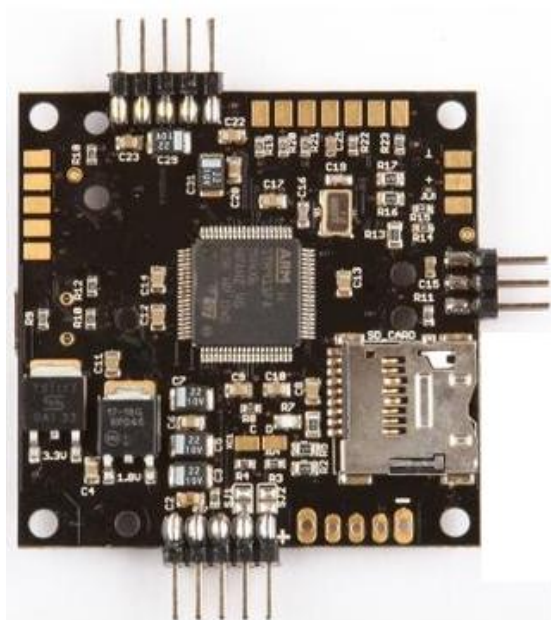
Mikrokoptéra je poháněna bezkomutátorovými motory.

Výhody takovýchto motorů jsou:

- Vysoká efektivita a výkon
- Menší hrozba rušení díky absenci komutátorů a převodů
- Mnohé zdroje motorů s rozličnými parametry

Ovšem, pro použití takovýchto motorů, proud z baterií musí být konvertován na třífázový střídavý proud, s regulovaným výkonem, tak aby mohla být regulována rychlost motorů. Jsou zde již mnohé bezkomutátorové řadiče motorů dostupné na trhu. Problém je, že jen velmi málo z nich dokáže uspokojit speciální požadavky. Potřebujeme takové řadiče, které mohou přijmout novou hodnotu tahu velmi rychle ( $< 0.5\text{ms}$ ), a provést ji. Za další, řadič musí podporovat interface I2C sběrnice pro ovládání. Z toho důvody byly v rámci projektu mikrokopty vyvinuty speciální, cenově rozumné, rychlostní regulátory.

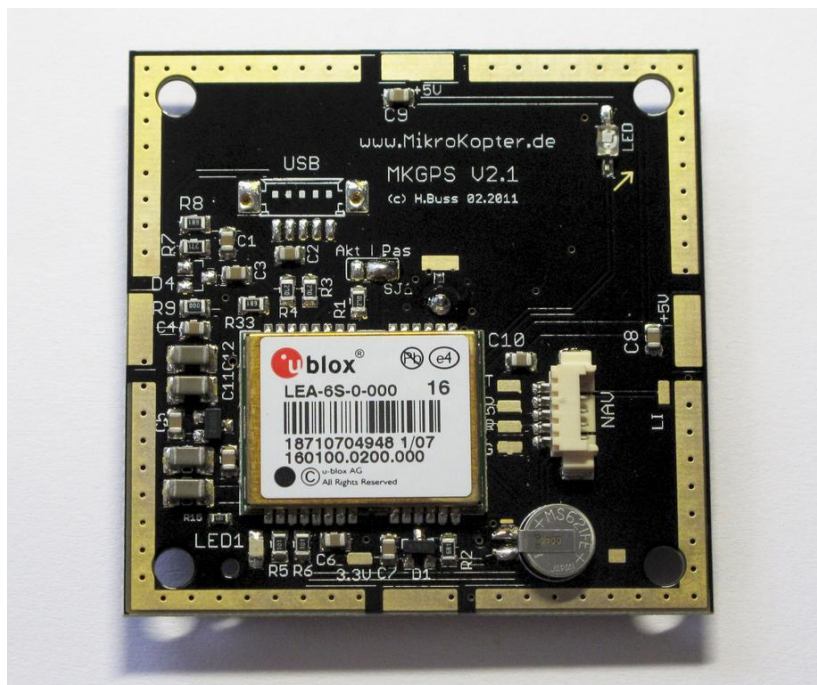
## NaviControl (ovládání navigace)



NaviControl je (nekritické) rozšíření ovládací výbavy kvadrokoptéry. Propojuje se s FlightControl a MKGPS, a je schopná zajišťovat autonomní let, stejně tak jako ho zjednodušit manuální ovládání. Vesměs je její funkcionalita pouze rozšiřující a kvadrokoptéra je schopná letu i bez ní.



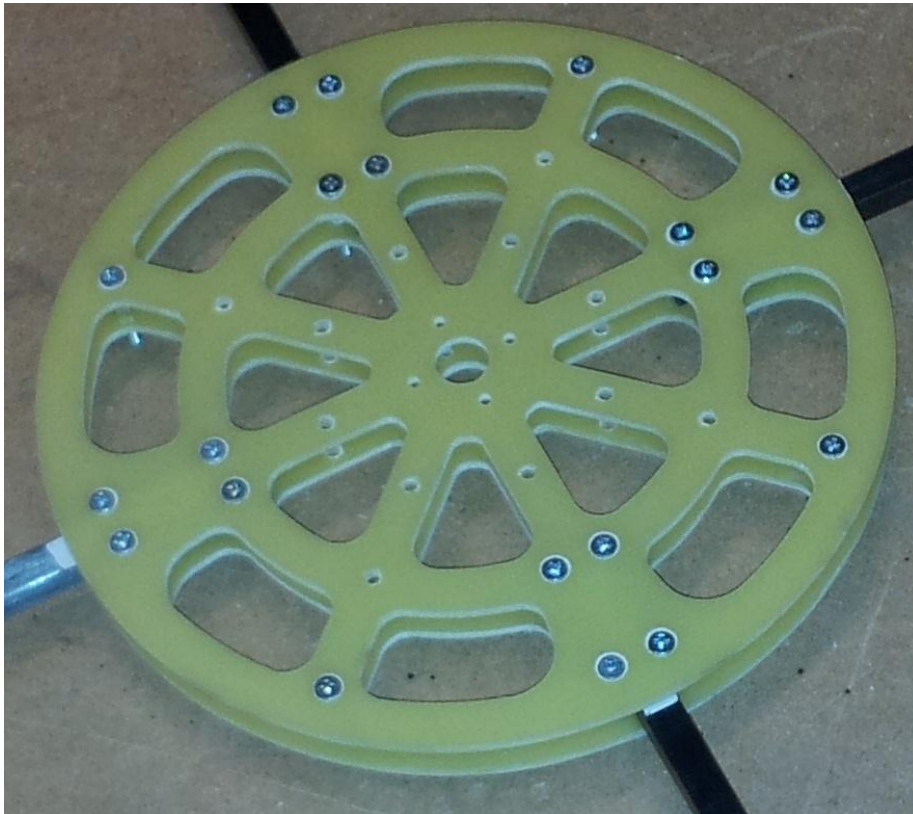
## MKGPS (modul GPS)



MKGPS je naprosto jednoduší modul GPS, který za pomoci normálních GPS satelitů dává kvadrokoptě schopnost relativně přesně zjišťovat vlastní pozici, což umožňuje různé možnosti zjednodušení ovládání a plně autonomního letu.

## Základní kostra (šasi):

### Středové pláty



Dva pláty z 3mm tlusté sklolaminátové desky s vnějším průměrem 180mm. Byly vyřezány na CNC frézce a jemně doladěny pilníkem a smirkovým papírem.

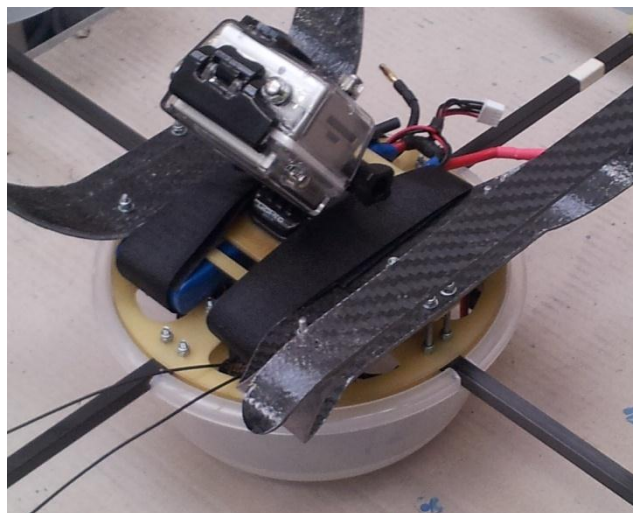
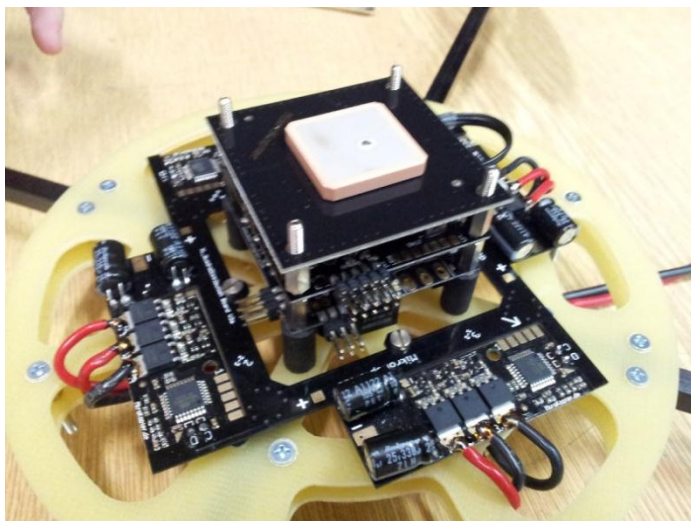
Dírami v plátech vede několik kabelů, povětšinou rozvody energie z baterií do elektroniky systému ale také z regulátorů do ramen a do motorů.

Jejich prořezání má několik účelů:

- odlehčují konstrukci
- umožňují lepší větrání
- působí dobře esteticky

Středové pláty mezi sebou drží sevřené konce nosných ramen a jsou pevně sešroubovány.

Nahoře je na středové pláty přišroubovaná většina elektroniky, zejména regulátory na své distribuční desce a všechny řídicí desky.



Zespolu je ke středovým plátům přišroubovaný držák na baterie, na který jsou dále přišroubovány lyžiny podvozku a přilepen držák na kameru.

Tlumiče vibrací jsou vysoké 15mm, distanční sloupky 6mm a 10mm.

Středové pláty byly při druhém složení nastříkány načerno pro lepší estetický efekt.

## Ramena motorů



Vlastní nosná hmota ramen je tvořena z dutého uhlíkového hranolu 8/7mm. Každé rameno má délku zhruba 24 cm (není podstatná přesná délka, jen to, aby byla všechna ramena stejně dlouhá). Délky jednotlivých ramen byly nařezány z jednoho, metr dlouhého hranolu pomocí pilníku, a přesně srovnána pomocí brusného papíru. Při druhé stavbě bylo jedno z ramen nastříkáno na oranžovo pro lepší vizuální odlišení “předku” kvadrokoptéry. Vnitřkem dutých ramen vedou kabely motorů (tři každým). Vlastní ramena jsou na obou koncích semknuta mezi sklolaminátové desky pomocí čtyř šroubů, na středovém spoji přilepeny k jednomu z plátů oboustrannou lepicí páskou (hlavně aby se zabránilo vysunutí), na motorovém konci z obou stran přilepeny oboustrannou lepicí páskou z pěny, která kromě ochrany před vysunutím funguje jako tlumič vibrací motorů.

Samotný motor je připevněn ke svému uchycení 4 šrouby.



## Motory

Pohon kvadrokoptéry zajišťují motory 4 motory AXI 2217/20 GOLD LINE.



<b>Technické údaje</b>	
Počet článků baterie	2 - 4 Li-Poly
Otáčky/Volt	840 RMP/V
Max. účinnost	82%
Proud při max. účinnosti	8 - 14 A (>75%)
Proud na prázdko / 10 V	0,4 A
Max. zatížitelnost	18 A/60 s
Vnitřní odpor Ri	185 mohm
Rozměry (průměr x délka)	27,7x35 mm
Průměr hřídele	3,17 mm
Váha motoru vč. kabelů	69,5 g

Jak už technické údaje napovídají, jedná se o motory s velmi vysoko efektivitou a výborným poměrem výkonu k hmotnosti.

## Baterie



Hlavní a jediný zdroj energie celého stroje jsou dvě baterie značky Hyperion, každá o dvou člancích. Baterie jsou prodávány zvlášť, a byly spájeny dohromady, aby utvořily jeden čtyřčlánek. Každý dvoučlánek má napětí 7,4 voltů a kapacitu 4200 mAh. Každý dvoučlánek váží 236g při rozměrech 137 x 46 x 20 mm.