

Tvorba modelu rakety s elektronickými systémy

Členové skupiny: Jakub Vávra, Ondřej Zikmund, Amir Akrami, Karel Umlauf, Štěpán Novák

Nejprve bychom chtěli poděkovat Janu Spratkovi z Hvězdárny a planetária hl. m. Prahy a uživateli “hony007” na platformě Discord za konzultace v průběhu projektu.

V rámci projektu jsme se zaměřili na vývoj elektronických systémů pro použití na raketových modelech. Ovšem kvůli protipandemickým opatřením musela být část projektu omezena pouze do rovin teoretického stadia. Jedná se převážně o studium vhodných palivových směsí pro modelářské raketové motory. Zde jsme původně chtěli směsi v omezeném množství laboratorně zkoumat. K tomu ale z předem zmíněného důvodu nemohlo dojít. Dále jsme se s ohledem na probíhající opatření více věnovali i teoretickým modelům a demonstračním programům. Za pomoci jazyka python jsme vytvořili program na simulaci parametrů letu rakety a rozebírali i fungování PID regulátoru. Dále jsme vytvořili i program pro živou vizualizaci dat z čidel elektroniky a testovací kódy pro dílčí součásti modelu.

Hlavní práce byly zaměřeny na návrh elektroniky pro modelové rakety. Rozhodli jsme se začít s ověřením funkčnosti zapojení komponentů nejprve na nepájivém poli. Tam zapojený obvod nám slouží i pro rychlý vývoj softwaru. Pro integraci do modelové rakety je nezbytná miniaturizace. Dalším mezistupněm k finálnímu řešení se stal zkušební počítač na prototypové desce. Výsledná forma počítače k užití na raketovém modelu nese formu plošného spoje s mikrokontrolérem. Jedná se o čip *ATSAMD21G18A*. Ten byl použitý i na sadě *openCanSat* (<http://kit.sciencein.cz>), se kterou již máme zkušenosti a také nám sloužila jako inspirace. Na plošném spoji je dále modul pro měření tlaku, teploty a vlhkosti - *BME280*. Dále i prostor pro připojení akcelerometru přes sběrnici I2C. My jsme zvolili oblíbený modul *MPU6050*. Na desce je pak ještě místo pro slot na microSD kartu, flash čip, zvukové a vizuální indikátory a výstupy PWM signálu pro servomotory. Také jsme na spoji zahrnuli výstupy pro transceiver pro radiovou komunikaci a GNSS modul pro získání dat o poloze. Tyto dva komponenty ale zatím nehodláme využít. Jedná se o případnou možnost rozšíření schopností počítače. Celý návrh je veřejně přístupný na našem GitHubu pod jménem “Halcyon”. Zatím stále pracujeme s vývojovými verzemi našeho počítače, ale na kompletaci desky a nahrání bootloderu (program, který umožňuje nahrání kódu do mikrokontroléru) se ještě připravujeme. Hotová deska se dá pak použít pro získávání dat a jejich ukládání nebo i přenos (v případě osazení transceiveru). Také je pak schopna ovládat různé prvky raketových modelů přes servomotory, ty mohou být k desce připojeny až čtyři.

Dalším aspektem projektu byla konstrukce testovacího modelu rakety. Kvůli námi nastaveným hmotnostním limitům (snažíme se dodržet parametry, jako kdyby model měl létat) jsme zvolili trupovou konstrukci z více vrstev kancelářského papíru formátu A3. Ten je uvnitř držen výztuhami, k nim je připevněn silnou oboustrannou lepicí páskou. Výztuhy jsme vytvořili v několika variantách a jsou tisknuty na 3D tiskárně. Jedny jsou uzpůsobeny k úchytu počítače. Další je pak integrovaná do špičky/hlavice. A další je součástí systému pro náklon motorové lože. Trup je pevný ve vertikálním směru, ale bohužel náchylný ke zhroucení při působení bočních sil. Jeho integrita se dá zvýšit buď přidáním více vrstev papíru, dodáním dalších vnitřních výztuh nebo použitím lepidel. Délka trupu je 40 cm a vnitřní průměr 7,5 cm.

Tvar špičky jsme volili s důrazem na jeho koeficient odporu. Jeho důležitou roli nám odhalil simulační program v pythonu. Zvolili jsem tvar “Haack” o délce 10 cm a šířce základny 7,5 cm. Máme také rozpracovaný návrh, kde je možné pomocí servomotoru tuto špičku oddělit od trupu, a tak vypustit padák pro bezpečný návrat modelu na zem.

Motorové lože je vybaveno gimbalem (Kardanův závěs) pro možnost natáčení usazeného motoru o šířce 29 mm (s adaptérem je možné užití motorů s menším průměrem). Dále servomotory ve dvou osách naklání motorovou loži. Pro účely testování jsme s naším adaptérem připojili elektrický BLDC motor s vrtulí. S touto sestavou modelujeme letové podmínky, tah raketového motoru, které působí na motorové lože. Zhotovili jsme i ovladač s joystickem a rotačním enkodérem pro manuální polohování motorové lože nebo ovládání jiných částí, např. otáčky BLDC motoru a tak i tah vrtule.

Pozemní stanice neboli rampa zůstala stále jen v počítačovém návrhu. Jedná se o modulární systém, který dokáže pojmout pro start rakety o odlišných parametrech pouze s minimálními úpravami. Je přizpůsoben i pro více startovacích režimů, např. bez nebo s vodící tyčí. K rampě též přísluší řídicí elektronika. Tu jsme použili z otevřeného designu (<https://hackaday.io/project/170367-woof-rocket-launch-computer-v4>). Jedná se o plošný spoj, který se připojuje k deskám o formátu Arduino UNO. Dokáže ovládat servomotory, vizuálně i zvukově signalizovat svůj stav nebo zažehnout modelářské raketové motory. S drobnou úpravou desku dokážeme využít i pro testování náklonu motorové lože.

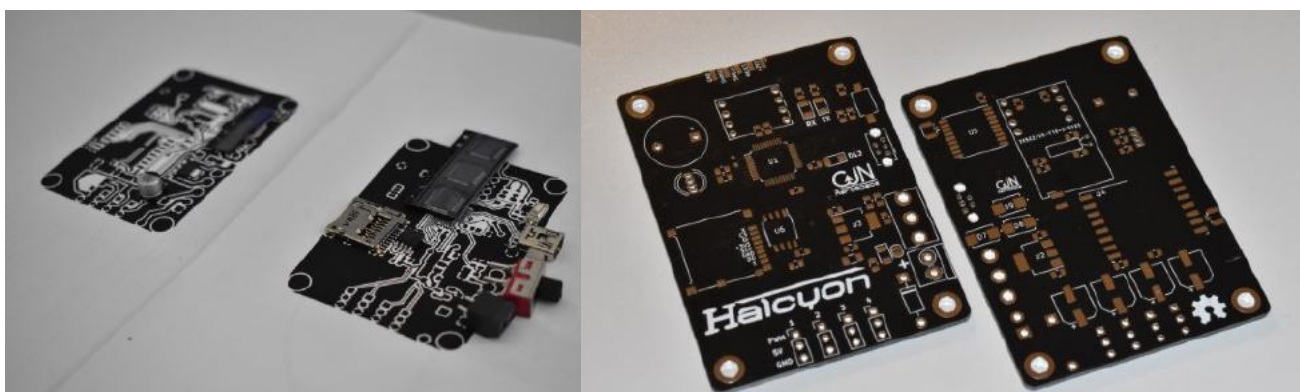
Odkazy:

<https://github.com/GJN-Aerospace/Halcyon-Fyzika>

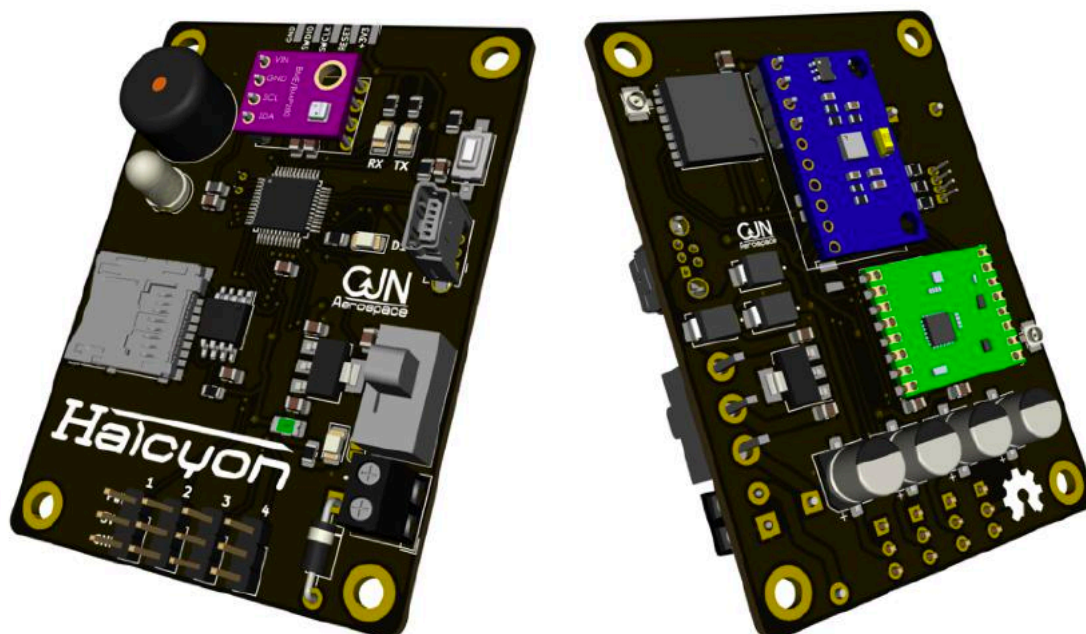
<https://github.com/GJN-Aerospace/Halcyon>

<https://www.facebook.com/gjn.aerospace.cansat>

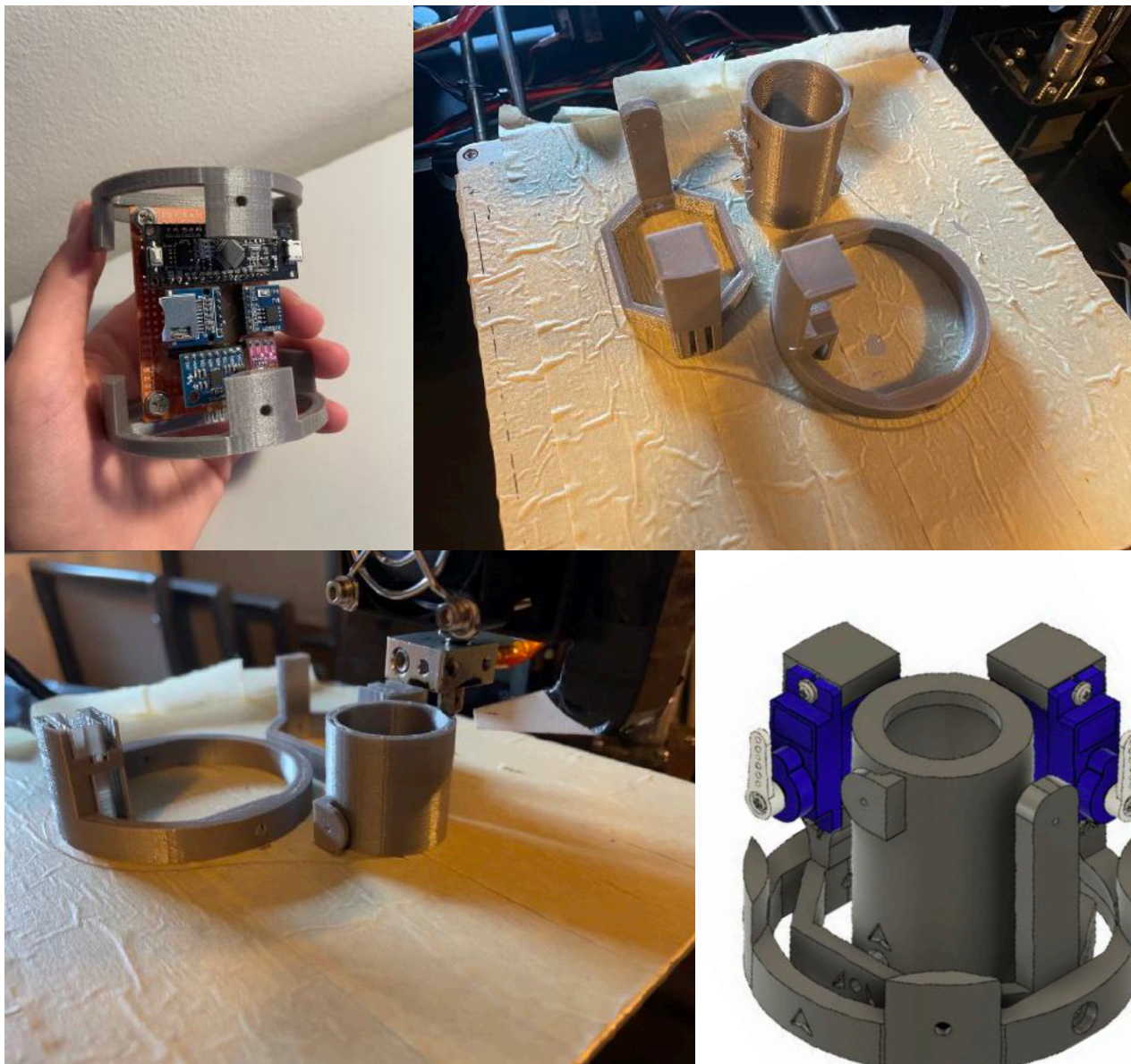
Fotografie:



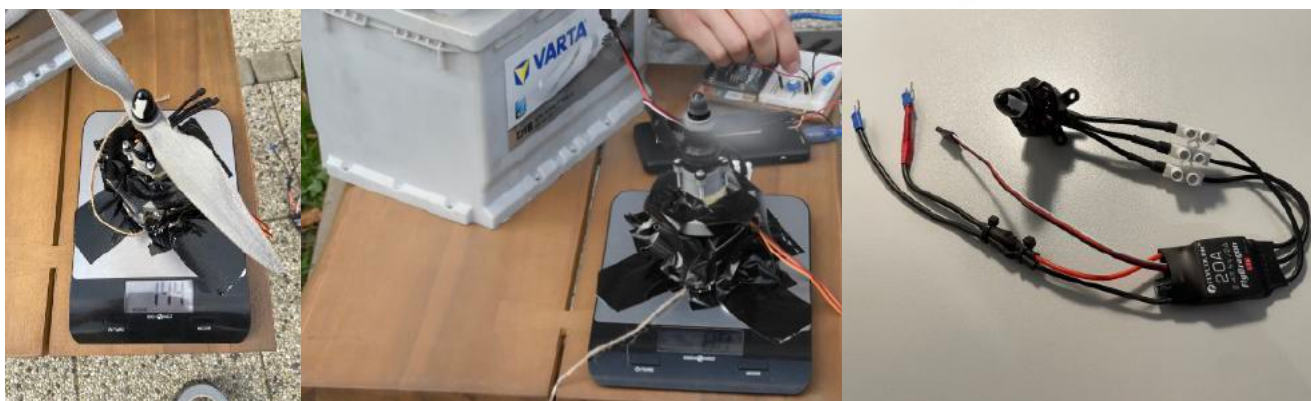
(Zleva) Zkouška velikostí komponentů na desce, hotové vlastní plošné spoje



(Zleva) Náš plošný spoj zepředu a zezadu



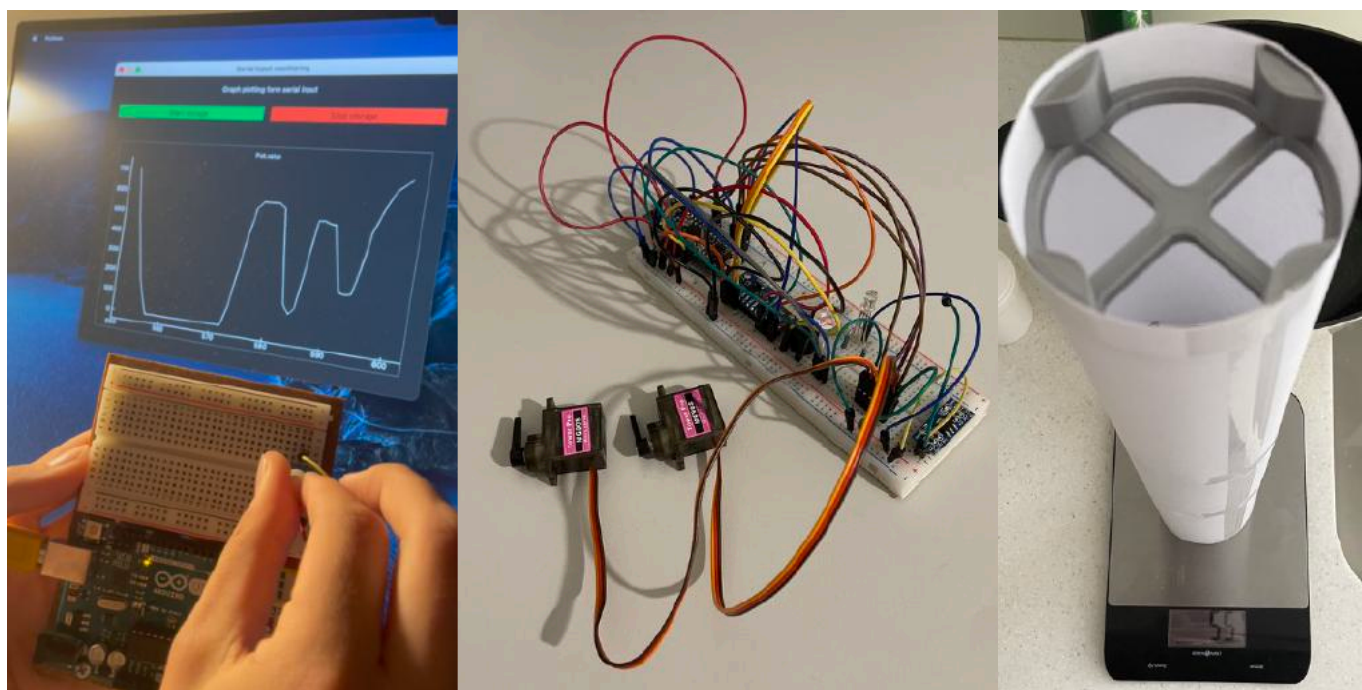
(Zleva) Připravené komponenty na prototypové desce, hotový výtisk první verze motorové lože, průběh tisku motorové lože, CAD model finální motorové lože



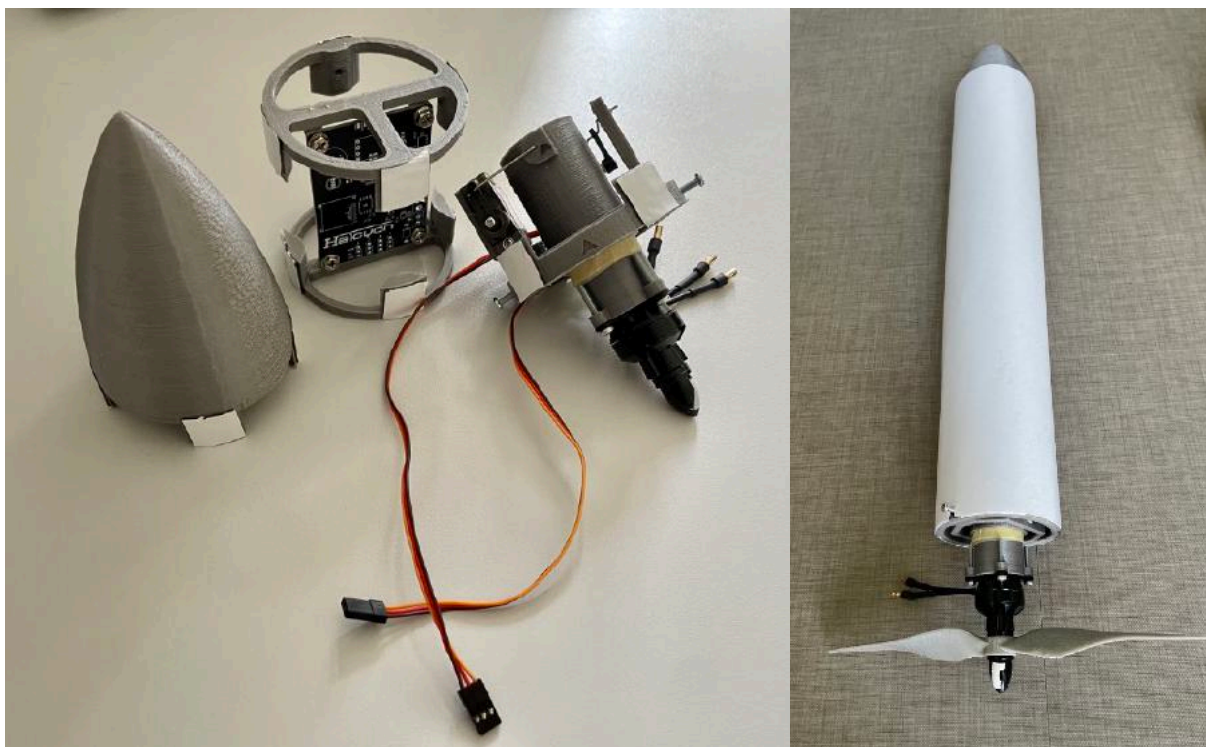
(Zleva) Motorová lože s elektrickým motorem a vrtulí, průběh testu vrtule, BLDC motor s regulátorem otáček



(Zleva) Náklon motoru v loži, ovladač s joystickem a enkodérem



(Zleva) Program na vizualizaci dat (zde ukazuje hodnoty z potenciometru), počítač na nepájivém poli, zkušební trup



(Zleva) Vnitřní části modelu, hotový zkušební model



(Zleva) Hotový zkušební model rakety

Rozpočet

#	MNOŽ.	OBJEDNACÍ ČÍSLO VÝROBCE	JEDNOTKOVÁ	ROZŠÍŘENÁ CENA
1	4	MCP1826S-3302E/DB	15,72000	62,88
2	4	LM340MPX-5.0/NOPB	31,00000	124,00
3	2	651005136421	65,76000	131,52
4	2	NANOSMDH075F-02	51,81000	103,62
5	4	ILSB1206ER100K	5,31000	21,24
6	3	BSH203,215	9,30000	27,90
7	6	PMEG3020EH,115	9,30000	55,80
8	3	5027740891	69,96000	209,88
9	3	ATSAMD21G18A-AFT	87,67000	263,01
10	50	CL21B104KACNNNC	0,50040	25,02
11	5	C0805C120J8HAC7800	2,44000	12,20
12	5	UMK212B7224KG-T	3,32000	16,60
13	10	CL21B105KOFNNNG	1,26200	12,62
14	10	CL21A106KOQNNNE	1,86000	18,60
15	10	CL21B103KBANNNC	1,04100	10,41
16	15	EEE-HA1A101WP	6,08900	91,34
17	15	RNCP0805FTD10K0	1,55000	23,25
18	15	CRGCQ0805F220R	1,06300	15,95
19	15	RR1220P-104-D	1,88200	28,23
20	5	ESR10EZPJ471	2,21000	11,05
21	1	PRPC040SACN-RC	19,93000	19,93
22	2	CFS-20632768DZFB	5,76000	11,52
23	4	EEE-FNJ471XUP	14,61000	58,44
24	2	CFS-20632768DZBB	5,76000	11,52
25	5	08051A6R0CAT2A	6,20000	31,00
26	3	W25Q64JWSSIQ	27,68000	83,04
27	1	DigiKey DPH import	761,1	761,1
28	1	BH Power 2822 1400kv	295	295
29	1	Montáž pro BH a Maytech motory 28xx	75	75
30	1	Unašeč pro motory s hřídelí 3.17mm	63	63
31	1	Regulátor FLYCOLOR FlyDragon 20A BEC 5V/2A	260	260
32	1	18x8 - Vrtule pro RC modely ELE - E serie	10	10

33	1	Výdej Zásilkovna BigHobby	55	55
34	1	Dobírka BigHobby	30	30
35	3	50x70mm PCB prototypová deska	8	24
36	2	Aktivní bzučák 3.3V	6	12
37	1	Dutinková lišta 2,54 mm jednořadá přímá	5	5
38	4	Mini servo MG90S s kovovými převody	98	392
39	1	Winbond W25Q32 Flash 32Mb SPI Modul	38	38
40	1	RGB LED 5mm Čirá, společná katoda	3	3
41	1	RGB LED 5mm Difuzní, společná katoda	3	3
42	1	RobotDyn SAMD21 M0-Mini. 32-bit ARM Cortex M0	448	448
43	1	Modul stabilizátoru napětí AMS1117 5V	18	18
44	1	COMF BH-351A Držák baterie 5xAA drátové vývody	38	38
45	1	microSD Card modul SPI 3.3V	28	28
46	1	Výdej Zásilkovna Laskarduino	65	65
47	1	Dobírka Laskarduino	40	40
48	1	Modul s rotačním enkodérem	35	35
49	1	Modul s jedním analogovým joystickem	29	29
50	8	Rezistor SMD R0805 33k 0,12W 1%	2,5	20
51	8	Rezistor SMD R0805 68k 0,12W 1%	2,5	20
52	1	Posuvný spínač do DPS, 1pól, ON-ON, 3A/250V, SL19-121	27	27
53	3	Svorkovnice 2pól, rozteč 3,5mm, 13,5A/130V, vstup 90°, šroub AK5	7,8	23
54	3	Mikrospínač do DPS, 1pól, OFF-(ON), výška 2,5mm SMD TS1107G	6,7	20
55	1	Páčkový spínač do panelu, 2póly, ON-OFF-ON, 3A/250V KNX-203-	25	25
56	15	CYH2X0,75 černo-rudý	9,18	138
57	1	Plošné spoje JLCPCB	433,94	433,94
			CELKEM:	4914,61