

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

UNIVERZÁLNÍ OVLADAČ

Jaroslav Páral

Brno 2012

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor SOČ: 10. Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

UNIVERZÁLNÍ OVLADAČ

Autor: Jaroslav Páral

Škola: SPŠ a VOŠ technická,
Sokolská 1 602 00 Brno

Konzultant: Jakub Streit

Brno 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně, použil jsem pouze podklady (literaturu, SW atd.) citované v práci a uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování práce je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Brně dne: 8.3.2012

podpis:

Poděkování

Děkuji Jakubu Streitovi, Ing. Jiřímu Váchovi a panu Ludkovi Kučerovi za rady, obětavou pomoc, velkou trpělivost a podnětné připomínky poskytované během práce na tomto projektu.

Také bych chtěl poděkovat panu Mgr. Miroslavu Burdovi za všeobecnou pomoc s prací.

Děkuji i Vojtěchovi Bočkovi za naprogramování aplikace pro správu ovladače přes telefon.

Dále děkuji organizaci DDM Junior, za poskytnutí podpory.

Tato práce byla vypracována za finanční podpory JMK.

Anotace

Cílem této práce je vytvořit univerzální ovladač, na kterém se dají rozmístit různá ovládací zařízení, od čtyřsměrných pákových ovladačů, tlačítek, přepínačů po letecké joysticky.

Tento ovladač dokáže nahradit komerčně dostupné vysílačky za mnohem nižší cenu.

Klíčová slova: univerzální ovladač, řídicí pult, dálkové ovládání, komunikace, modulární konstrukce

Annotation

Purpose of this labor is to create the universal controller – user can choose and position all controller's elements by himself – be it 4-way controllers, buttons, switches or joysticks.

This controller can make up for much more expensive commercial transmitters.

Key words: universal controller, control board, remote control, communication, modular construction

Obsah

| | |
|--|-----------|
| Úvod | 3 |
| 1 Proč stavět univerzální ovladač | 4 |
| 2 Představení 1. generace | 6 |
| 2.1 Elektronika | 6 |
| 2.2 Software | 6 |
| 2.3 Konstrukce | 6 |
| 2.4 Praxe a využití | 7 |
| 3 Představení 2. generace | 8 |
| 3.1 Studie | 8 |
| 3.2 Cena komerčních vysílaček | 9 |
| 3.3 Elektronika | 10 |
| 3.4 Konstrukce | 10 |
| 3.4.1 Ovládací pult | 10 |
| 3.4.2 Moduly | 11 |
| 3.5 Software | 11 |
| 4 Řídící elektronika | 13 |
| 4.1 1. generace | 13 |
| 4.2 2. generace | 13 |
| 4.2.1 Motherboard | 14 |
| 4.2.2 Kniplboard | 16 |
| 4.2.3 Napájení | 16 |
| 4.3 Výroba | 17 |
| 4.3.1 1. generace | 17 |
| 4.3.2 2. generace | 17 |
| 5 Popis periférií | 18 |
| 5.1 2,4 GHz modul | 18 |
| 5.2 MAX485 | 18 |
| 5.3 Bluetooth | 20 |
| 5.4 FTDI | 21 |
| 5.5 Displej | 21 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6 | Software | 23 |
| 7 | Mechanická konstrukce | 24 |
| 7.1 | 1. generace | 24 |
| 7.2 | 2. generace – Pult | 25 |
| 7.2.1 | 1. varianta – uchycení do drážek | 25 |
| 7.2.2 | 2. varianta – upevňování pomocí zásuvných banánků | 26 |
| 7.2.3 | 3. varianta – upevňování pomocí dutých šroubů | 26 |
| 7.2.4 | 4. varianta – upevnění pomocí magnetů | 27 |
| 7.3 | 2. generace – Moduly | 28 |
| 7.4 | 2. generace – Výplň | 28 |
| 8 | Využití | 29 |
| | Závěr | 31 |
| | Přílohy | 32 |
| | Slovníček pojmů | 32 |
| | Literatura | 33 |
| | 1. generace | 35 |
| | Seznam obrázků | 41 |
| | Obrazová příloha – 1. generace | 42 |
| | Obrazová příloha – 2. generace | 47 |

Úvod

Tato práce navazuje na práci z minulého roku, kde jsem měl vyroben univerzální řídicí pult, který sloužil k ovládání robotů, letadel, lodí a dalších zařízení.

Cílem letošní práce je loňský projekt vylepšit a pozvednout na vyšší úroveň.

Důvody, proč navrhuji a vyrábím univerzální ovladač, jsou shrnuty v kapitole 1.

Na základě zkušeností s loňským ovládacím pultem jsem se rozhodl vyrobit zcela novou řídicí desku, která umožní připojení téměř libovolného zařízení. Výhody a možnosti tohoto řešení budou popsány v kapitole 4.2.

Dalším úkolem je navrhnout a vyrobit modulární konstrukci, která mi umožní uspořádat ovládací prvky dle vlastního uvážení do několika minut. Zvolená konstrukce a její varianty jsou podrobněji popsány v kapitole 7.2.

Výstupem práce by měl být hotový výrobek, na kterém bude snadné otestovat nejrůznější ovládací zařízení. Tyto a další možnosti použití jsou popsány v kapitole 8.

Projekt je rozdělen na dvě generace. První generace tvoří moje práce SOČ z minulého roku. Shrnuji, co vše bylo minulý rok vypracováno a jaký byl zamýšlen následující postup.

Druhá generace je tvořena prací vypracovanou tento rok a zachycuje následující kroky. Během minulého roku jsem načerpal nové poznatky, které jsem zakomponoval do letošní práce. Velmi jsem zapracoval na modularitě. Strávil jsem mnoho hodin debatou s lidmi, kteří využívají ovládací zařízení prakticky každodenně, ať již to byli lidé z průmyslu nebo modeláři. Našel jsem nový směr vývoje a nyní bych Vám ho chtěl představit.

1 Proč stavět univerzální ovladač

Pro návrh a výrobu univerzálního ovladače jsem se rozhodl, protože řadě uživatelů současné komerčně vyráběné vysílačky pro řízení například RC modelů letadel, lodí a dalších zařízení nevyhovují, a to z následujících důvodů:

1. Rozmístění, tvaru, ergonomie a funkce ovladačů, tlačítek a přepínačů. Pokud někdo řídí například model letadla, ze kterého nemůže spustit oči a zároveň mezi palci a ukazováčky drží kniplu, tak ostatní prsty na některé ovladače prostě nedosáhnou. Proto by bylo vhodné mít umístěné některé ovládací prvky (např. přepínač, tlačítko) přímo na kniplu nebo v jeho těsné blízkosti.
2. Celkovou velikostí. Komerční vysílačky jsou pro některé modeláře příliš malé, takže jejich ovládání může být nepohodlné až nepraktické.
3. Nemožností upravit si vysílačku podle vlastních potřeb. Změnit funkci jednotlivých ovladačů nebo přidat jiné obvykle nejde.
4. Kvalitní komerční vysílačky jsou velmi drahé (vysílačky, které nabízejí více kanálů, umožňují širší konfigurovatelnost, mají propracovanější software).

Rozhodl jsem se tedy navrhnout a vyrobit univerzální ovladač, který tyto nedostatky bude řešit a dokáže plně nahradit komerčně dostupné vysílačky. Z výše uvedeného plyne, že pult by měl mít tyto vlastnosti:

1. Možnost přidání si libovolného ovládacího prvku a umístění si ho kamkoliv do pultu.
2. Univerzální ovladač by měl umožňovat výrobu pultu dle vlastních potřeb (rozměrů, funkcí, potřebám).

3. Možnost kompletní nastavování (cokoliv si na univerzálním ovladači mohu upravit, kdykoliv přeprogramovat, nastavit, či v budoucnu přidat). Například momentálně potřebuji čtyři přepínače a dvě tlačítka. Pokud zítra budu potřebovat osm přepínačů a dva potenciometry, nebude to pro ovladač problém, protože si jej budu moci přestavět a přeprogramovat dle vlastních potřeb.
4. Chci, aby univerzální ovladač byl (relativně) snadno vyrobitelný pro kohokoliv, kdo má základy elektroniky a programování a nabídl mu dostatečné možnosti tak, aby dokázal nahradit drahé komerční vysílačky. Budu se snažit dělat vše jednoduše a přehledně.

2 Představení 1. generace

První generace byla zkonstruována a navrhována tak, aby mohla ovládat různá zařízení (modely letadel, vrtulníky, lodí, stavební či bojové techniky popřípadě roboty). Umožňuje úpravy typu přeprogramování software, přemístění ovládacích prvků, více způsoby komunikace. Zvládá se připojovat k dalším zařízením bez složitého přepojování nebo nastavování.

2.1 Elektronika

Elektroniku do první generace jsem si sám navrhoval, vyráběl a programoval. Umí snímat hodnoty z osmi potenciometrů (například obslouží čtyři křížové ovladače a k nim další čtyři potenciometry), zvládne připojit grafický displej, má 22 vstupně výstupních pinů na které si každý uživatel může připojit přepínače nebo indikační diody, dokáže komunikovat pomocí dvou linek typu USART s dalšími zařízeními (jednak pomocí bluetooth modulu, popřípadě přes FTDI či MAX485) nebo pomocí sběrnice I2C.

2.2 Software

Umí snímat hodnotu z potenciometrů. Dokáže určovat pozici přepínačů. Zvládá indikovat vybití baterií pomocí diod. Zvládne komunikovat pomocí linky USART. Také se dokáže připojovat přes bluetooth k jiným zařízením a to ať už k PC (debug – ladění programu) nebo modelům typu robot, letadlo, loď, stavební bagr, bojový tank. Je možné vypisovat text na LCD displej.

2.3 Konstrukce

Konstrukci tvoří překližkový pult ve kterém je umístěna elektronika, baterie, ovládací prvky a případně upevňovací popruhy. Je udělána tak, aby v případě potřeby bylo možné změnit uspořádání ovládacích prvků.



Obrázek 1: Eurobot Starter 2011

2.4 Praxe a využití

S první generací jsem se zúčastnil soutěže Eurobot Starter 2011, kde jsem se svým týmem vyhrál první místo v celostátním kole této soutěže. Velkou měrou se na tomto vítězství podepsal právě tento univerzální ovladač. Kvalita, přesnost a uzpůsobení ovládání totiž představuje na této soutěži klíč k úspěchu a můj ovladač v tomto vynikal. Prakticky se dá říct, že bez něj bychom neměli šanci.

Využití také našel při testování a odlaďování bezpilotní (autopilotní) platformy Bedřicha Saida, který vyvinul elektroniku pro stabilizaci a autonomní let letadel. Univerzální ovladač sloužil pro řízení letadla v době, kdy nebyl autopilot aktivován a v případě nějakých problémů jako nouzové ovládání. Díky mé elektronice bylo velmi snadné přenášet informace z letadla na zem a následně do PC, kde se informace zpracovávaly.

3 Představení 2. generace

Druhá generace by měla navázat tam, kde první skončila. Avšak měla by odstranit nedostatky a chyby, které první generace měla. Také se bude ubírat trochu jiným směrem a to hlavně v pojetí celé konstrukce.

Druhá generace je postavena kompletně na nové elektronice i konstrukci. Prakticky vše je předělané. Ovladač se skládá z jednotlivých modulů, které je možné poskládat dle vlastních představ v libovolném uspořádání.

3.1 Studie

Při komunikaci s běžnými modeláři jsem zjistil, že se prakticky všichni naučili jeden styl ovládání a ten využívají. Bylo by pro ně velmi složité přejít a používat jiný způsob. Ale mnoho modelářů se nezamýšlí nad tím, jestli by to pro ně nebylo pohodlnější, snadnější nebo příjemnější používat jiný styl ovládání.

Všichni velcí výrobci ovladačů vyrábí už desítky let pořád stejné typy. Pokrok ovládací techniky je velmi pomalý, ba skoro žádný. Někdo by možná namítnul, že ovladače už jsou tak vychytané a odladěné, že na nich není potřeba nic měnit. Ale z mého okolí se ke mě dostalo mnoho zajímavých návrhů, jak současné ovládací zařízení vylepšit, jak si přeuspořádat ovládací prvky, co by si uživatelé rádi předělali nebo vytvořili atd. Bohužel jim to není umožněno, jelikož výrobci jejich připomínky neřeší. Přinejlepším jen slibují změnu někdy v budoucnu a předělávat ovladač v domácích podmínkách je pro zákazníky velmi složité (i když prakticky jediné řešení). Přitom by nebylo tak složité odzkoušet nová uspořádání a vytvořit sadu příslušenství pro uživatele. Udělat průzkum mezi modeláři, jak amatéry tak profesionály.

„Nevíte proč všichni výrobci používají přibližně stejné rozložení ovládacích prvků? Já také ne. Proč si tedy nevyzkoušet úplně jiné rozložení. Proč nevytvořit úplně nový styl ovládání modelů, který by mohl být převratný a obletět svět.“

Myslím, že ergonomie vysílaček i samostatných ovládacích prvků by se

dala velmi upravovat. Bohužel není skoro žádná firma, která by tyto věci zkoušela. A obyčejný smrtelník? Ten už prakticky nemá vůbec žádnou možnost, jak si odzkoušet jiné způsoby ovládání.

Proto jsem se rozhodl, že můj univerzální ovladač nebude sloužit jen k ovládání, ale že se bude dát používat i jako testovací platforma pro odzkoušení nových způsobů ovládání či jen případných vylepšení stávajících ovladačích prvků. Každý pokrok je vítán.

3.2 Cena komerčních vysílaček

Dnešní jednoduché komerční vysílačky pro základní modelářinu jsou velmi levné. Dají se sehnat jednoduché vysílačky z Číny kolem hranice 1000 Kč. Základní vysílačky od značkových výrobců stojí dnes již od 3 tisíc korun. Ovšem vysílačka za 5 tisíc a za 10 tisíc toho určitě neumí dvakrát tolik. A tento jev je ještě mnohem výraznější mezi vysílačkou za 10 a za 30 tisíc. Ve většině případů výrobci nepřidávají velkou porci nových funkcí, ba naopak, přidají jich jen pár (které jsou většinou jen softvérového ražení) ale uživatel, který se bez dané funkce neobejde, je nucen si pořídit dvakrát až třikrát dražší vysílačku.

Uvedu jednoduchý příklad z praxe, se kterým jsem se setkal. Uživatel potřeboval přenášet asi 16 poloh přepínače a k tomu 4 hodnoty z potenciometrů. Jednalo se o studenta, který měl model trolejbusu, na kterém mohl rozsvěcovat různě okruhy osvětlení, blinkry, klakson atd. Bohužel vysílačka, která by mu tohle vše umožnila, by stála minimálně 30 tisíc Kč (pravděpodobně více). Přičemž on potřeboval jen zjistit hodnoty 16 přepínačů a 4 potenciometrů a předat je do modelu. Na takto jednoduchou věc by potřeboval vysílačku za 30 tisíc.

Proto jsem se také rozhodl, že uživatelům nabídnu platformu, na které si budou moci postavit vlastní vysílačku, podle svých představ a za zlomek ceny.

3.3 Elektronika

Nejprve jsem uvažoval, že budu využívat stejnou elektroniku jako minulý rok. V průběhu práce jsem ale zjistil, že mi současná elektronika nevyhovuje a že ji budu muset předělat. Když jsem začal přemýšlet, jak bude nová elektronika vypadat, rozhodl jsem se pro modulární konstrukci.

Srdcem celého ovladače je řídicí deska postavená na nové architektuře firmy Atmel. Jedná se o platformu Xmega, která je nástupcem starší rodiny ATMega. Díky těmto čipům, se mi otevřely velké možnosti úprav a vylepšení.

Dalším článkem jsou přípojný moduly. Mělo by se jednat o moduly obsluhující křížové ovladače, přepínače, potenciometry, displej, správu napájení, informační reproduktor, GPS přijímač a 2,4 GHz vysílač.

V současné době je vyrobena řídicí deska a deska pro obsluhu křížových ovladačů. V budoucnu se počet desek rozroste.

Všechny moduly budou komunikovat s řídicí deskou po jedné lince typu USART.

Řídicí deska je vyvinuta tak, aby zastala základní funkce zcela samostatně. K jednoduchému řízení letadla či robota stačí jen tato deska. Až v případě, že by měl uživatel zájem o další funkce, může začít připojovat přídatné moduly.

3.4 Konstrukce

3.4.1 Ovládací pult

Konstrukce se skládá z ovládacího pultu a modulů. Ovládací pult slouží jako nosná konstrukce pro všechny moduly. Moduly mohou být všechny ovládací prvky od křížových ovladačů, přes přepínače až po potenciometry. Ale také se může jednat o modul s 2,4 GHz vysílačem, informačním reproduktorem, stavovým displejem, smartphonem, správou napájení nebo GPS či bluetooth čipem.

Pult je vyroben z překližky o tloušťce 6 mm. Vnější rozměry pultu jsou

přibližně 410 x 250 mm. Výška pultu je cca. 50 mm. Uvnitř pultu je umístěn pozinkový plech o rozměrech 400 x 240 mm. Veškeré moduly se připevňují na tento pozinkový plech.

Do nevyplněného prostoru se umísťují výplně vyrobené z tvrdé technické pěny o výšce 20 mm. Jejich rozměry jsou různé. Dají se skládat na sebe (tím mají výšku jako moduly), nebo je mohou pokládat na spojovací kolíčky a tím si vytvořit „dvojitou“ podlahu.

3.4.2 Moduly

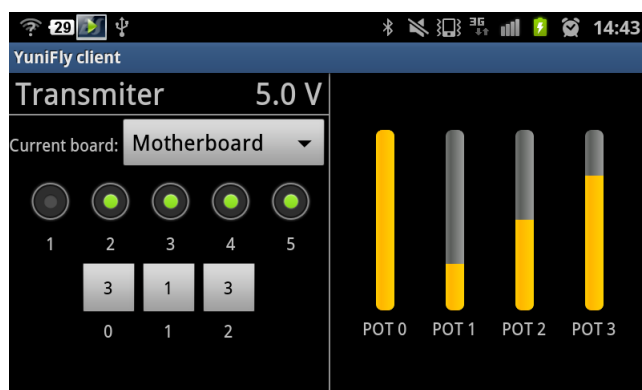
Momentálně jsou vyrobeny moduly pro ovládání (moduly s křížovými ovladači, přepínači a potenciometry). Dále je vyroben modul pro smart-phone a pro 2,4 Ghz modul.

Všechny moduly jsou vyrobeny z hliníku o tloušťce 2,5 mm. Výška každého modulu je 41 mm. Přichytávají se pomocí neodymových magnetů k pozinkovému plechu, který je umístěn na dně ovládacího pultu. Každý modul na sobě má několik uchytačích zámků, sloužících za prvé k jejich spojování mezi sebou a za druhé k umístění zakrývací výplně (viz 7.4). Ke spojování modulů mám vyrobených několik kolíčků, které jsou ze dřeva a tzv. „svazují“ moduly mezi sebou.

3.5 Software

Základní software pro řídicí desku je již napsán, zprovozněn a odzkoušen. Umožňuje komunikovat po USART linkách, snímat hodnoty na AD převodnicích a přepínačích, vytvářet PPM modulaci (dokáže přenášet signal z kniplu do PC a ovládat simulátor) nebo se připojovat přes bluetooth modul k dalším zařízením. Pro obsluhu USARTu využívám knihovny od Martina Vejnára. S rozchozením PPM modulace mi velmi pomohl můj konzultant.

Díky nové architektuře řídicího mikroprocesoru je software snadno přenositelný. Lze ho přenášet v rámci celé rodiny Xmega. V případě, že by aktuální řídicí deska nestačila, ať už z důvodů velikosti paměti, počtu pinů



Obrázek 2: YuniDroid Client

nebo by byl zájem o čip s podporou USB, tak mohu vzít kód napsaný pro tento čip a jen s nepatrnými úpravami jej přenést na jiný čip. V tomto je tato architektura geniální.

Řídící deska funguje bez problémů.

Na zprovoznění desky pro obsluhu křížových ovladačů se pracuje.

Můj kamarád Vojtěch Boček mi naprogramoval aplikaci *YuniDroid Client* pro smartphone k předávání informací z ovládacího pultu uživateli. Aplikace momentálně zvládá zobrazovat hodnoty (polohy) křížových ovladačů, polohu přepínačů a napájecí napětí.

Taktéž *YuniDroid Client* zvládá zobrazovat tyto údaje pro více desek, tudíž mohu zobrazovat stav více zařízení. V momentě, kdy bude v ovladači více desek, například 2 desky pro křížové ovladače + řídící deska pro další potenciometry, bude možné si z každé desky zobrazit důležité informace.

V budoucnu bude *YuniDroid Client* umět upozornit na nízký stav napětí (vybití baterií). V plánu je také možnost nastavování různých parametrů na elektronice pomocí této aplikace.

Smartphone komunikuje přes bluetooth s řídící deskou, která dále zprostředkovává data dalším deskám.

4 Řídící elektronika

4.1 1. generace

První generace řídicí elektroniky byla vytvořena tak, aby zvládala veškeré funkce zcela samostatně. To zkomplikovalo její návrh a podepsalo se na některých aspektech jako například:

- deska je příliš velká a nedostatečně využívá prostor, který zabírá
- deska si zvládá měřit proud, avšak je k tomu potřeba další obvod a prostor na desce
- na desce je vyvedena kompletní sběrnice pro obsluhu grafického displeje, avšak tato sběrnice zabírá spoustu místa a také obsazuje 12 pinů na procesoru, které by se daly využít pro jiné účely
- celá deska je dělána na 5V napájení, přičemž vhodnější by bylo 3,3 V (bylo by možné použít menší články baterií nebo jeden článek lipo-lek)
- rozvržení konektorů je sice skupinové (každá skupina má svoji funkci) ale v praxi se toto řešení ukázalo jako nevhodné
- ochrana desky proti poškození a nečistotám je prakticky žádná (s postupem času by mohly nastat problémy)
- v případě potřeby desku přeprogramovat je složité se na desku připojit (nevhodné rozložení programovacích pinheadů)

4.2 2. generace

Z předešlých důvodů je jasně patrné, že elektroniku bylo třeba předělat. Jelikož už od začátku byl tento projekt vyvíjen jako modulární, tak jsem se rozhodl, že každé větší zařízení bude mít svůj vlastní mikroprocesor. Tím si usnadním jednak konstrukci řídicí desky (nebude muset zvládat

vše, stačí jen funkce, pro které je určena), zlepším elektrické chování celého systému (snížím možné problémy spojené s rušením, vyzařováním – přiblížím se pravidlům elektronických návrhů), usnadním také propojování jednotlivých modulů, protože již nebude třeba tolik řešit, kam co zapojit, bude pouze stačit připojit komunikační linku a pomocí ní se moduly rozpoznají. Také se zbavím relativně velkého množství drátů a budu mít jen jeden kabel pro komunikaci.

Ovšem zdálo se mi zbytečné přidávat mikroprocesor ke každému přepínači či potenciometru, a tak se tyto komponenty připojují přímo na řídicí desku.

Proto jsem začal vytvářet a navrhovat hlavní řídicí desku (Motherboard) a další desky pro přípojné moduly (Kniplboard – deska sloužící k získávání dat z křížových ovladačů (potenciometrů), Displayboard – deska pro obsluhu displeje, Powerboard – deska sloužící pro obsluhu napájení).

Momentálně je dokončen návrh a výroba desek Motherboard a Kniplboard.

Řídicí deska tedy slouží pro obsluhu všech modulů a zároveň je vyvinuta tak, aby mohla fungovat zcela samostatně (bez jakéhokoliv modulu) třeba jako elektronika v relativně „jednoduché“ vysílačce (i tak prakticky zvládne vše, co dnešní vysílačky za 10 až 15 tisíc Kč).

Celý systém by měl fungovat na 3,3 V. Tedy všechny moduly s mojí elektronikou (řídicí deska a Kniplboard) by měly běžet na 3,3 V. Napájet je lze ze zdroje o maximálním napětí 6 V (maximum osazeného stabilizátoru). V případě vyššího napájecího napětí je třeba použít předstabilizaci.

4.2.1 Motherboard

Řídicí deska je postavená na nové architektuře mikroprocesorů Amtel Xmega. Konkrétně se jedná o čip ATXmega16A4. Díky tomuto čipu jsem mohl uskutečnit všechny svoje plány, konkrétně: zakomponování tří komunikačních linek typu USART, zmenšení a zjednodušení řídicí desky, přejítí na nižší napájecí napětí (veškeré změny zdůvodním níže). Kompletním přepra-

cováním se mi podařilo plochu řídicí desky oproti minulému roku zmenšit o 75 procent.

Proč jsem si vybral čip ATXmega16A4:

- nepotřebuje externí krystal, ma vnitřní 32 MHz oscilátor (celkem obsahuje 5 vnitřních oscilátorů, které běží na různých frekvencích)
- mnohem širší možnosti použití – možnost nakonfigurovat si skoro každý port podle svých potřeb
- napájení na 3,3 V (možnost použití menší sady baterií případně jednočlánkové lipol baterie – nižší váha)
- jiná struktura programování – velmi snadná portace kódu na jiné procesory z rodiny Xmega
- 12-bitový AD převodník vs 10-bitový na ATMega

Změny řídicí desky oproti minulé generaci:

- značné zmenšení celé desky: plocha desky se zmenšila o 75% , což bylo způsobeno jednak použitím oboustranného návrhu desky a kompletním předěláním filozofie a návrhu desky (deska nemusí umět úplně vše, stačí jen základní funkce)
- deska si neměří proud, tuto funkci bude v budoucnu zajišťovat Powerboard (napájecí deska)
- deska neobsahuje celou sběrnici pro obsluhu displeje, protože k tomu je určen samostatný modul (značná úspora místa)
- napájecí napětí je 3,3 V místo 5 V (nižší spotřeba a menší nároky na baterie = nižší váha)
- všechny konektory jsou vyvedeny do stran (mnohem jednodušší připojování konektorů, deska je velmi úzká, pouze 7,5 mm)

- díky způsobu vyvedení konektorů do stran je možné desku zapouzdřit a opatřit ji mechanickou ochranou proti poškození
- je vyveden speciální konektor sloužící pro programování (obsahuje 6 pinů – stačí připojit programátor a lze programovat, na propojení byla použita lišta z PCI konektoru)

4.2.2 Kniplboard

Tato destička je postavena na starší architektuře. Jde o procesor ATmega48/168. Takto jsem se rozhodl, jelikož tento čip zastane všechny funkce, pro které je určen, vychází asi o 20% levněji (v komerčním hledisku podstatný parametr) a je celkově menší.

Kniplboard zvládá obsluhovat 6 vstupů, a to jednak digitálně (0/3,3 V), ale také analogově (0 až 3,3 V), jelikož jeho vstupy jsou připojené na AD převodníky.

Proto mohu Kniplboard využívat v modulu s křížovým ovladačem, na kterém bude třípolohový přepínač dohromady s elektronickými trimry, případně s kalibračními (ladícími) potenciometry.

4.2.3 Napájení

Napájení je momentálně realizováno pomocí sady 6 baterií typu AA. Napětí na bateriích se pohybuje v rozmezí 6,6 V až 9 V. Stabilizátory osazené na elektronice jsou dimenzovány na maximální napětí 6 V. Proto jsem si vytvořil malou stabilizační destičku na 5 V, která mi vytváří napájecí napětí pro elektroniku (pro řídicí desku, Kniplboard desku, ale taky pro 2,4 Ghz modul).

4.3 Výroba

4.3.1 1. generace

Řídící elektroniky jsem si kompletně navrhoval, vyráběl a osazoval sám. Celý návrh jsem probíral se svými konzultanty. Výroba mi zabrala spoustu času, jelikož jsem desku správně vyrobil až na čtvrtý pokus.

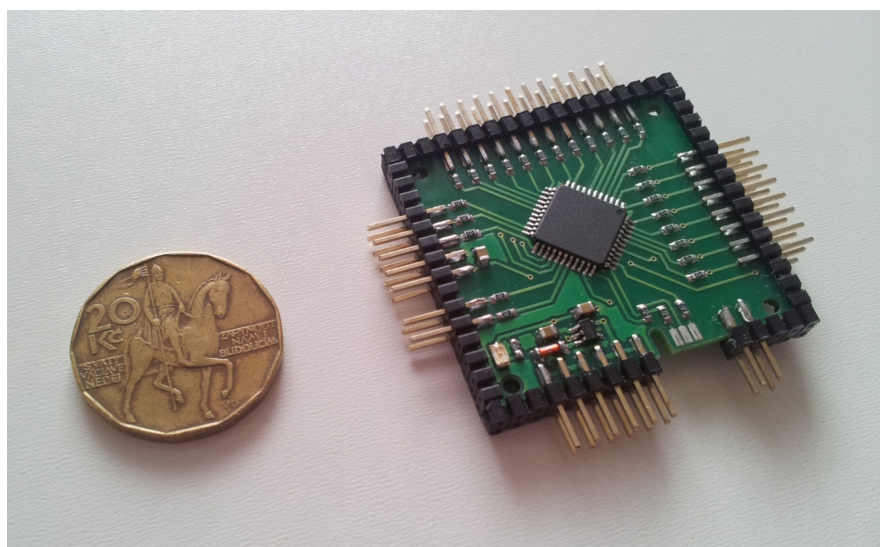
4.3.2 2. generace

Elektroniku jsem sám navrhoval, desky byla vyrobena profesionálně, s osazováním mi z časových důvodů částečně pomohl můj konzultant.

Mám v plánu, že elektroniku 2. generace budu komerčně nabízet k zakoupení. Jednak bych chtěl prodávat kompletně vyrobené, osazené, zprovozněné desky se softwarem podle přání zákazníka, ale také zvažuji podobu stovebnice, kdy zákazník dostane desku a k ní veškeré součástky s tím, že si elektroniku sestaví sám.

Momentálně bych chtěl nabízet jen řídicí desku, protože ostatní desky (Knipboard, Displayboard, Powerboard) buď nejsou navrhnuty nebo odzkoušeny.

Prozatím neznám předběžnou kalkulaci, kolik by elektronika stála.



Obrázek 3: Motherboard v porovnání s mincí

5 Popis periferií

5.1 2,4 GHz modul

2,4 GHz modul byl zakoupen od firmy JETI model. Jedná se o model Duplex TF EX sloužící k přenosu dat z vysílaček do přijmače obsaženého v modelech. Tento modul je určen do vysílaček, které mají odpovídající výměnný modul. Je například kompatibilní s vysílačkami Hitec Optic 6 nebo Eclipse 7. Tento modul mi umožní snadné přenášení informací. Nemusím nijak obstarávat spojení, protože modul si zajistí vše sám. Do modulu se posílá pouze PPM signál a ten se dále přenáší do přijmače Duplex RSat 2, který tento signál dekoduje a vytváří PWM signál pro serva, regulátory a další modelářská zařízení.

Rozměry modulu jsou 57 x 37 x 20 mm. Váha je 40 g. Dokáže přenášet až 16 kanálů.

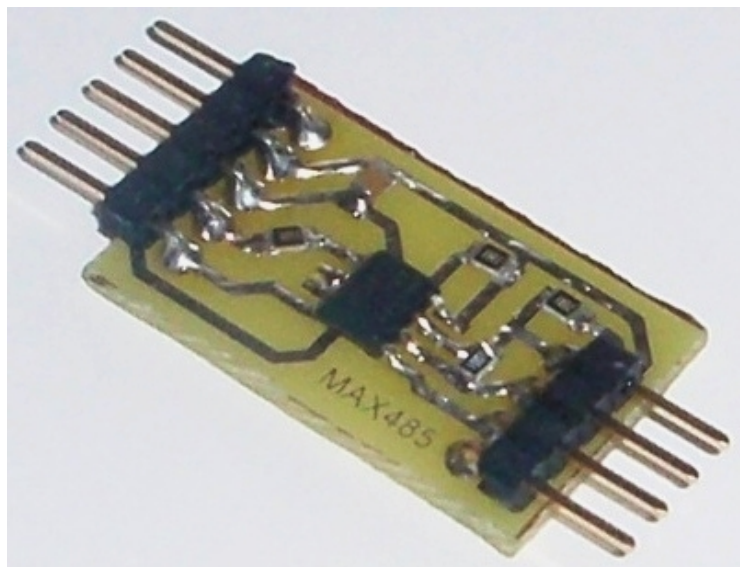
Minimální napájecí napětí je 3,5 V a maximální je 16 V. Průměrný odběr proudu je 38 mA.

5.2 MAX485

Jedná se o modul, který jsem navrhl sám za pomoci svého konzultanta. Tento modul má osazen čip MAX485 [11], který se využívá pro komunikaci mezi dvěma mikroprocesory na delší vzdálenosti (až 1 km). Je použit komunikační standard RS485. U tohoto čipu se měří rozdíly v napětí mezi dvěma dráty a díky tomu se potlačují rušivé faktory z jiných zdrojů, jelikož se rušení projevuje na drátech stejně. V tom je rozdíl oproti standardu RS232, kde se měří rozdílné napětí mezi drátem a zemí a na rušení je mnohem náchylnější.

Rozměry modulu bez pinů jsou 26 x 16 mm, kvůli zahnutí pinheadů ve směru desky, je celková délka 39 mm.

Modul obsahuje 5 pinheadů určených pro spojení s deskou. Dva pinheady zajišťují napájení čipu (GND a +5V). Další dva jsou určeny pro příjem

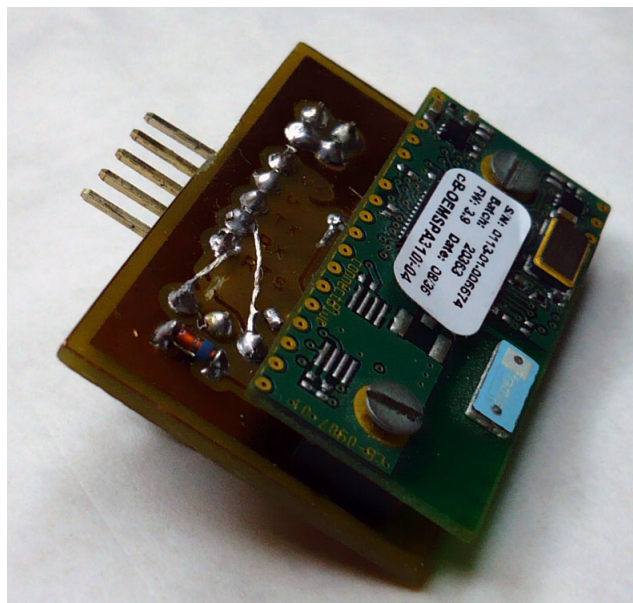


Obrázek 4: MAX485

a vysílání a na desce jsou spojeny s piny RX a TX a poslední pinhead určuje jestli je momentálně čip nastaven jako přijímač či vysílač.

Na druhé straně modulu jsou vyvedeny 4 pinheady. Opět dva napájecí (GND a +5V), tentokrát nejsou potřeba oba, stačil by jen pinhead se zemí (GND), který je nutný pro správnou komunikaci na delší vzdálenosti a musí být propojen se zemí (GND) na druhé straně, ale v tomto případě můžeme využít tyto pinheady k napájení dalšího zařízení nebo naší řídicí desky 1. generace (tuto variantu bych ovšem nedoporučoval).

Tento modul neumožňuje v jeden moment komunikovat oběma směry. Na jednu stranu je to jeho nevýhoda, na druhou stranu to není často ani potřeba. Je možné pořídit i čip s obousměrnou komunikací v jeden moment, avšak pro komunikaci musíte mít o další dva dráty navíc a jeho cena je dvakrát vyšší.



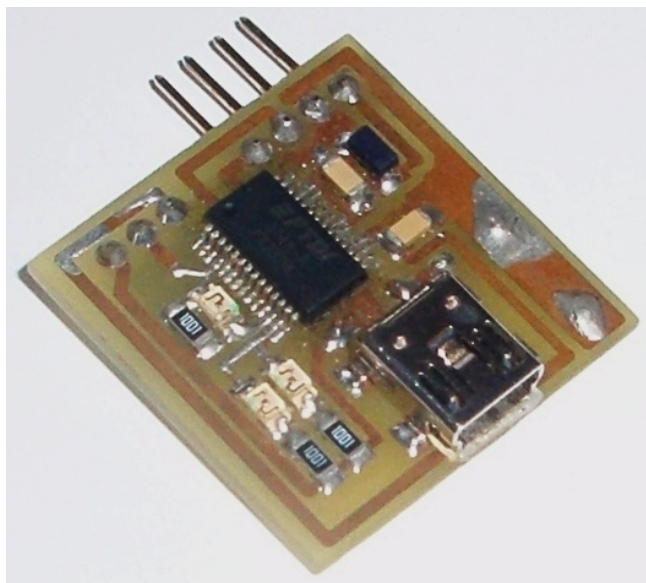
Obrázek 5: Bluetooth modul

5.3 Bluetooth

Tento modul jsem si nenavrhol sám, ale mám jej vypůjčen od přátel DDM Junior v Brně [2]. Modul je osazen průmyslovým bluetooth čipem OEMSPA 310, který je možno případně vyměnit za jiný s vyšším dosahem. Bluetooth zvládá obousměrnou komunikaci a to ať už třeba s PC, mobilem či jiným bluetooth připojeným k dalšímu mikroprocesoru.

Velikost bluetooth čipu i s pomocnou deskou je přibližně 37 x 31 mm.

K propojení bluetooth stačí napájení (GND a +5V) a přijímací a odesílací piny (RX a TX). Modul může komunikovat v jeden moment oběma směry v čemž se liší od modulu s MAXem. Dosah by se měl pohybovat dle technický údajů 75 m. V rovném terénu bez překážek je dosah opravdu na úrovni 75 m, ovšem dělají se i moduly s teoretickým dosahem 1 km.



Obrázek 6: FTDI modul

5.4 FTDI

Tento modul mám také vypůjčený. Jedná se o desku osazenou čipem firmy FTDI FT232RL [10], sloužící ke komunikaci mezi mikroprocesorem a počítačem přes USB rozhraní. Na jednu stranu připojíte mikroprocesor přes linku USART, na druhé straně zapojíte USB kabel. FTDI čip převádí komunikaci z USARTu (standard RS232) na USB signál.

Celková velikost i se zahnutými pinheady je asi 36 x 28 mm.

5.5 Displej

Vybral jsem model ATM12864D-FL-YBW [9], který je možno zakoupit v prodejně GM Electronic, jelikož s ním měl můj konzultant zkušenosti a byl mi doporučen.

Jedná se o monochromatický grafický LCD displej, tedy dvoubarevný bodový displej s LED podsvícením. Jeho rozlišení je 128 x 64 bodů a rozměry viditelné části (samotného displeje bez řídicí desky a rámečku kolem něj) jsou 72 x 40 mm, displej i s rámečkem je velký 80 x 52 mm a celková

velikost i s řídicí deskou je 93 x 70 mm. Na tomto displeji musíte zobrazovat jednotlivé body, a proto jsem si musel vytvořit knihovnu znaků.

Displej obsahuje samotný LCD panel, dva zobrazovací čipy, řadič řídicí tok dat k jednotlivým zobrazovacím čipům a převaděč kladného napájecího napětí na záporné.

Samotný displej se chová jako dva displeje o rozlišení 64 x 64 bodů. Proto se musí při komunikaci určovat, do které části displeje mají data jít.

6 Software

Všecký software v univerzálních ovladačích je psán v jazyce C/C++.

Software první generace univerzálního ovladače je dokončen. Zdrojové kódy naleznete na přiloženém CD. Byl otestován jak při ovládání robotů tak i letadel. Podrobnější popis naleznete v příloze.

Software pro druhou generaci je momentálně ve vývoji. Do je dokončena jeho první verze, která dokáže snímat hodnoty z potenciometrů a z přepínačů, generuje PPM modulaci, dokáže komunikovat po linkách USART a zvládá se připojovat přes bluetooth k dalším zařízením. Dokáže posílat data do PC a to jak ve formě PPM modulace (přes zakoupený převodník), tak i čistě datové formě (text/hodnoty). Tudiž je možné nyní ovládat modely i roboty a to jak přes kabel, bluetooth nebo i 2,4 GHz modul.

Do krajského kolo by měl software zvládat komunikovat se smartphonem a aplikací pro něj vytvořenou, s tím že pak bude možné zobrazovat informace o poloze jednotlivých ovládacích prvků, případně o nastavení ovladače na displeji smartphonu.

7 Mechanická konstrukce

7.1 1. generace

Univerzální ovladač první generace je vyroben z překližky. Dlouho jsem přemýšlel nad rozvržením prvků a celkovým designem. Nakonec jsem se rozhodl pro klasickou konstrukci, ovšem s tím, že ovládací prvky budu mít rozloženy podle sebe.

Ovladač je vyroben z větší části z překližky o tloušťce 6 mm, jen deska obsahující ovládací prvky je tenčí a má 4 mm, kvůli lepšímu uchycení ovládacích prvků. Pult má rozměry 50 x 35 x 7 cm, přibližná vnitřní hloubka je 6 cm. Tvarově je nejbližší kvádru, ale na přední straně má vybrání pro pohodlnější nošení.

Spodní stěna pultu je odnímatelná, drží na čtyřech vrutech, kvůli případným úpravám či různým servisním zásahům.

Ve vrchní desce jsou vyříznuty dvě díry. Jedna slouží jako malá přihrádka na věci potřebné k ovládání jako náhradní baterie, servisní pomůcky atd. Její rozměry jsou 20 x 5 cm, hloubka je 5 cm. Na tuto přihrádku mám přichystanou krytku.

Druhá díra je pro desku s ovládacími prvky. V budoucnu bych mohl mít více druhů desek a případně je vyměňovat podle situace. Pokud by mi třeba nevyhovovaly rozměry pultu, je možné vzít tuto desku s veškerou elektronikou a umístit ji do jiného pultu. Řídící deska má rozměr přibližně 30 x 20 cm.

Pult jsem si nastříkal sprejem, kvůli lepšímu vzhledu a ochraně překližky. Deska s ovládacími prvky a krytka přihrádky má zelenou barvu, zbytek pultu je nasřikán matnou černou.

Na bočních stranách se nacházejí vždy dvě díry (na každé straně dvě), sloužící k uchycení popruhů. Tyto popruhy drží na klasických metrických šroubech. Tyto popruhy umožňují zavěsit pult na krk a každý si je může nastavit na svoji postavu.

7.2 2. generace – Pult

Celý univerzální ovladač se skládá z ovládacího pultu a jednotlivých modulů. Do pultu se umisťují všechny moduly, zároveň také tvoří hlavní konstrukci, kterou by měl uživatel upevněnou na sobě.

Mechanická konstrukce celého pultu prošla několika fázemi vývoje. Postupem času jsem se svými konzultanty dal dohromady několik možností, jak vytvořit univerzální konstrukci uchycení modulů v pultu. Každá varianta má své výhody a svá úskalí. Chtěl bych Vám ty nejzajímavější varianty představit.

7.2.1 1. varianta – uchycení do drážek

První nápad, jak vyřešit uchycení, bylo vytvořit rošt z hliníku a nebo z technického plastu, ve kterém by byly vyfrézovány drážky o hloubce asi 3 mm a šířce 4 mm. V těchto drážkách by byly upevněny jednotlivé moduly. Drážky by byly umístěny kolmo na sebe v rastru 20 mm. Díky těmto drážkám by bylo možné upevňovat moduly ve skocích po 20 mm a uživatel by byl limitován jen tímto rastrem. Pro případnou kabeláž by byl v každém 4. čtverečku vzniklém z drážek vyvrtán otvor, přes který by se protahovala kabeláž.

Tento návrh byl velmi elegantní, ale měl řadu nevýhod. Jednak drážky nedržely moduly v pultu. Proto nebyly moduly nijak zajištěny proti vypadnutí (řešením by bylo přihnání spodní hrany modulu a tím zajištění modulů proti vypadnutí, ale kvůli složitosti a nejistému výsledku jsem toto řešení zavrhnul).

Dalším problémem bylo vytvoření samotných drážek. Bohužel se mi nepodařilo zajistit technologii, která by mi umožnila drážky vyfrézovat do hliníku, tudíž jsem začal zvažovat použití technického plastu, do kterého bych mohl nechat drážky vyfrézovat. Bohužel ani tento materiál nebyl snadno použitelný, protože vyfrézování by nebylo dostatečně přesné a bylo by složitě proveditelné (v rámci mě dostupných technologií). Proto jsem začal řešit další varianty.

7.2.2 2. varianta – upevňování pomocí zásuvných banánků

Ve druhé variantě jsme k upevnění modulů plánovali použít zásuvné banánky, které se využívají v elektronice pro připojení zdrojů či měřících zařízení. Konstrukce roštu by se tím velmi zjednodušila, jelikož by nebylo třeba frézovat drážky pro moduly, ale stačilo by jen vyvrtat v určitém rastru otvory pro banánky a pár otvorů pro kabeláž. Každý modul by měl několik banánků (od 2 do 8 podle velikosti a složitosti modulu) a tím by byla zajištěna jeho poloha jak horizontálně tak i vertikálně.

I tady se ovšem našla úskalí spojená s řešením rastru. Každý modul má jiné rozměry a proto by bylo relativně složité určování pozic banánků. Nevřešil jsem také způsob uchycení banánků. Uvažoval jsem o provrtání zahnutých stěn modulů a následném přišroubování banánků, což by bylo asi nejjednodušší.

7.2.3 3. varianta – upevňování pomocí dutých šroubů

Také jsme vymysleli variantu uchycování modulů pomocí plastových dutých šroubů. Tyto šrouby by měly vyvrtané díry v určitém rastru a pevně by držely moduly ve své poloze. Dírami ve šroubech by se protahovaly kabely pod rošt, kde by se vše připojovalo na řídicí elektroniku. Moduly by na sobě měly od 1 do 4 kotvících děr, přes které by se šroubovaly.

Ovšem koncepci šroubování modulů jsem dál už nerozvíjel, jelikož se mi zdálo velmi složité a časově náročné upevňování a případné odebírání modulů (ubíralo by mi na modularitě). Také šrouby by musely být udělány speciální (což se později ukázalo, že by nebyl takový problém). Taktéž řešení na straně modulu nebylo úplně jednoduché. Buď by každý modul musel mít nějaký kotvící plech, nebo by byly celé moduly vyfrézovány z plastu a v nich by byl závit.

7.2.4 4. varianta – upevnění pomocí magnetů

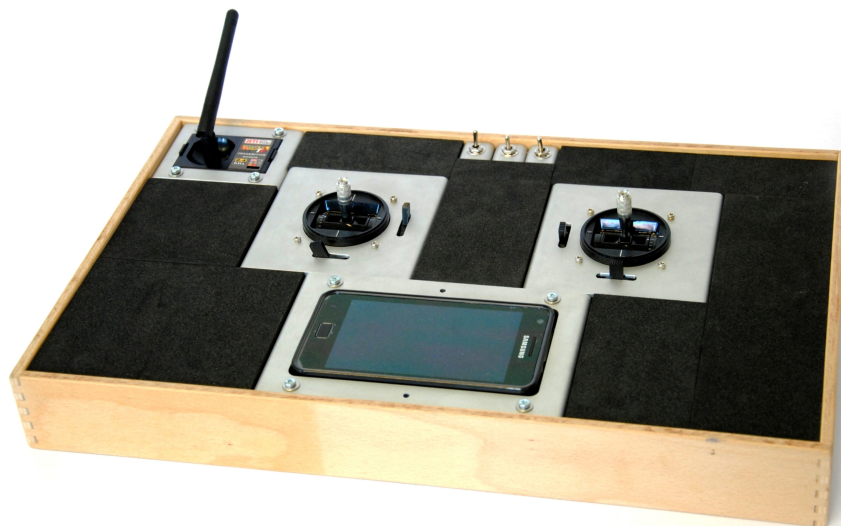
Tuto variantou jsem zvažoval již na počátku, ale obával jsem se případného magnetického pole, složitosti návrhu a váhy celé konstrukce.

Nakonec se ukázalo, že při vhodné koncepci je možné s pomocí magnetů konstrukci částečně zjednodušit i odlehčit. Změnil jsem proto celý koncept. Místo roštu s rastrem je použit tenký magnetický plech (0,55 mm) podlepený překližkou (kvůli prohýbaní) a magnety jsou umístěny pouze na modulech. Tím pádem nejsou moduly nijak limitovány (rozměrově ani pozičně).

Přehodnotil jsem také protahování kabelů pod moduly a rozhodl jsem se, že veškerou kabeláž potáhnu po dně pultu. S tím také souvisí umístění řídicí elektroniky do pultu. Případné magnetické pole by (při dodržení určitých zásad konstrukce) nijak nemělo ovlivňovat elektroniku.

Hlavní výhodou tohoto řešení je bezrastrové uspořádání (jsem omezen jen rozměry pultu) a jednoduchá konstrukce na straně pultu. Naopak komplikovanější je výroba modulů, ve kterých musel být vyřešen uchycovací mechanismus magnetů.

Nakonec jsem se také pro toto řešení rozhodl.



Obrázek 7: Pult s výplní

7.3 2. generace – Moduly

Pult obsahuje několik základních modulů: křížový ovladač, přepínač, potenciometr, smartphone a komunikační modul. V budoucnu možná přibudou další moduly. Nejprve jsem plánoval vyrábět moduly z překližky. Zvažoval jsem také výrobu na 3D tiskárně. Ovšem když mi bylo navrženo použít vodní paprsek, tak jsem začal zvažovat použití hliníku. Prakticky všechny varianty lze použít a jako vždy má každá své úskalí. Já jsem se nakonec rozhodl pro moduly vyrobené z hliníku za použití vodního paprsku.

Po vyrobení polotovarů byly všechny moduly ohýbány na CNC. Ohýbání je provedeno velmi přesně a kvalitně.

Po ohýbání byly moduly opískovány, kvůli lepší povrchové úpravě.

7.4 2. generace – Výplň

Mezi moduly a pultem je možné umístit výplň.

Naskytla se mi možnost nechat nařezat výplň pomocí vodního paprsku s tím, že bude vyrobena z technické pěny. Tato varianta se mi líbila, a proto mám z této pěny vyřezanou výplň o velikostech 10 x 10 mm, 20 x 20 mm, 40 x 40 mm, 80 x 80 mm a další rozměry podle potřeby.

Výplň může být také z tvrzeného polystyrenu.

8 Využití

Již první generace mého univerzálního ovladače našla několik uplatnění. Jednak jsem ji já osobně využil pro ovládání robota na soutěži Eurobot Starter 2011, kde jsem se svým týmem výhrál první místo v celostátním kole. Jedním z hlavních faktorů našeho úspěchu byl určitě univerzální ovladač, který se zasloužil o přesné, rychlé a komfortní ovládání našeho robota.

Taktéž ho velmi využil Bedřich Said, při testování a zprovoznování jeho bezpilotní platformy. Usnadnil mu práci i život a leckdy mu zachránil i model letadla. Díky ovladači měl mnohem jednodušší odlaďování programu, jelikož pomocí něj jednak letadlo řídil, ale také přes něj získával data ze senzorů, které byly umístěny v letadle.

Toto je jen základní nástin toho, co první generace dokáže.

2. generace celý tento projekt posouvá na další úroveň. Nejenže je k dispozici jeden univerzální ovladač, ale je vytvořena celá platforma, na které mohou stavět další lidé a rozšiřovat ji. Celý koncept modulární konstrukce může pokračovat v přidávání dalších a dalších modulů podle potřeb jednotlivých uživatelů.

Po zveřejnění projektu jako opensource doufám, že se do vývoje zapojí i další lidé a bude vznikat jak nový software, tak i hardware.

Jak jsem již zmiňoval, 2. generace může sloužit pro sestavení vlastní vysílačky podle potřeb uživatele (v momentě, kdy bude dostupný jednoduchý konfigurační software, nebude rozchození vysílačky problém ani pro nezkušenou osobu).

Dalším použitím je samotné testování nových možností v ovládání, na kterém si každý může otestovat jednotlivé uspořádání, původní, lehce upravené nebo vlastní ovládací prvky, různé způsoby ergonomie atd. (fantazii se meze nekladou). Podstatné je, že uživatel bude mít k dispozici prostředek, na kterém si bude vše moci jednoduše odzkoušet.

V budoucnu může být velmi důležité použití smartphonu, protože by mohl sloužit jako stavový displej. Mohl by zvládnout nastavovat celý ovladač. Reprodukory smartphonu by se využívaly ke zvukové signalizaci. Díky

periferiím, které současné smartphony mají, jako třeba gyroskop, akcelerometr či magnetický kompas, by bylo možné používat smartphone i jako ovladač s tím, že pult by zajišťoval pouze přenos informací do dalších zařízení. Samozřejmě nesmíme zapomenout na standardní využití mezi modeláři a robotiky, kde se již univerzální ovladač první generace plně uplatnil. Totéž předpokládám i u druhé generace.

Díky jeho možnostem se dá uvažovat o použití univerzálního ovladače i v záchraných nebo bojových složkách. A to ať už jako řídicí systém pro průzkumné, záchrané, přepravní roboty, robotická ramena a další zařízení, ale také pro ovládání bezpilotních průzkumných či bojových letounů.

Závěr

Když bych zhrnul celou práci, myslím, že základní záměr projektu jsem splnil.

V současnosti mám dvě generace univerzálního ovladače. První generace je plně funkční a zvládla všechny vypsané funkce. Druhá generace je zprovozněná a připravena k použití. Ovšem pořád je co vylepšovat a dodělávat.

Myslím, že myšlenka modularity celého projektu byla dotažena k dokonalosti a že projekt splňuje všechny základní požadavky. Většinu bodů, které jsem si na začátku vytyčil, jsem splnil a nebo v blízké době splním.

To ovšem neznamená, že tím projekt ukončím. Jeho perspektiva sahá mnohem dál. V blízké době po doladění softwarových záležitostí bych chtěl projekt zveřejnit pod opensource licenci a nabídnout volně k šíření mezi lidmi. Také bych chtěl nabídnout lidem zakázkovou výrobu elektroniky a softwaru, aby i nezkušený uživatel měl přístup k této technologii. Zvažuji také prodej celé platformy jako celku, tedy kompletně celý pult (elektronika, konstrukce, software) dle požadavků zákazníka. Myslím, že prostor na trhu se určitě najde.

V budoucnu mám v plánu vytvářet další moduly (jak hardwarové tak elektronické). Chtěl bych taktéž vytvořit software pro jednoduchou konfiguraci elektroniky přes PC.

Tuto práci můžete nalézt také na adrese:

<http://www.sokolska.cz/soc-2012/paral-jaroslav-univerzalni-ovladac/>.

PŘÍLOHY

Slovníček pojmů

Datasheet – manuál k součástce nebo čipu

DPS – deska plošného spoje

I2C – *Inter-Integrated Circuit*, počítačová sběrnice, umožňuje propojení až 128 zařízení

Knipl – dvouosý pákový/křížový ovladač

Osvitek – speciální fólie potištěná návrhem desky

Pin – jedna nožička vyvedená z čipu

Pinhead – lámací konektor, slouží k připojování periférií a dalších zařízení k DPS

Přerušení – moment, kdy nějaká součást procesoru přeruší běh základního programu a spustí předdefinovaný kód

PWM – *Pulse Width Modulation*, pulzně šířková modulace signálu, slouží např. k řízení motorů

PPM – *Pulse Position Modulation*, pulzně polohová modulace signálu, která se využívá u většiny komerčních vysílaček k přenášení informací z vysílačky do přijímače

USART – *Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter*, univerzální synchronní a asynchronní přímač a vysílač (tzv. sériová linka), slouží k propojení čipu s perifériemi

AD převodník – *Analog to Digital Convertor*, převádí analogové napětí do digitální hodnoty (např. 0 až 1024)

Literatura

Literatura

- [1] *Jihomoravské centrum pro mezinárodní mobilitu – podpora SOČ*
<http://jcmm.cz/cz/soc.html> (Stav ke dni 8.3.2012)
- [2] *JUNIOR – DDM, Dornych 2, Brno* (Stav ke dni 8.3.2012)
<http://www.junior.cz>
- [3] *SPŠ a VOŠ technická, Sokolská 1, Brno* (Stav ke dni 8.3.2012)
<http://www.spssbrno.cz>
- [4] *Datasheet – ATmega128* (Stav ke dni 8.3.2012)
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2467.pdf
- [5] *AVR XMEGA* (Stav ke dni 8.3.2012)
http://www.atmel.com/products/microcontrollers/avr/AVR_XMEGA.aspx
- [6] *Datasheet – ATXmega16A4* (Stav ke dni 8.3.2012)
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8069.pdf
- [7] *JETI model* (Stav ke dni 8.3.2012)
<http://www.jetimodel.cz/>
- [8] *Dokumentace – Duplex TF EX* (Stav ke dni 8.3.2012)
<http://www.jetimodel.cz/index.php?page=product&id=190>
- [9] *Datasheet – displej ATM12864D-FL-YBW* (Stav ke dni 8.3.2012)
http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/513/513-118/dsh.513-118.1.pdf
- [10] *Datasheet – FTDI FT232RL* (Stav ke dni 8.3.2012)
<http://www.farnell.com/datasheets/11529.pdf>
- [11] *Datasheet – MAX485* (Stav ke dni 8.3.2012)
http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/959/959-030/dsh.959-030.1.pdf

- [12] Záhlava, V.: *Návrh a konstrukce desek plošných spojů*, BEN, 2010
- [13] *Eagle - freeware pro navrhování DPS* (Stav ke dni 8.3.2012)
<http://www.elcad.cz/eagle/>
- [14] *Seriál o C/C++* (Stav ke dni 8.3.2012)
http://www.linuxsoft.cz/article_list.php?id_kategory=186
- [15] *Odkaz na web o práci* (Stav ke dni 8.3.2012)
<http://www.sokolska.cz/soc-2012/paral-jaroslav-univerzalni-ovladac/>

1. generace

Elektronika

Desku jsem navrhoval s důrazem na univerzálnost, proto jsou skoro všechny piny procesoru vyvedeny na pinheady, na které si už každý osadí, co bude chtít.

Při testování desky jsem našel chyby, konkrétně přehozenou anodu a katodu u napájení podsvícení displeje a přehozené piny RX a TX u komunikačních rozhraní USART v návrhu desky, proto jsem musel upravit návrh a vytvořit verzi 1.1, tato verze je publikována v této práci, ovšem v pultu je umístěná původní verze (1.0), jelikož tyto problémy jsem na ní vyřešil mechanicky. V přílohách najdete schema i desku.

Napájení

Deska má osazený 5 V nízkonapěťový stabilizátor, jenž zvládá fungovat již od 5,5 V, a je jím napájen mikroprocesor a veškeré periferie jako bluetooth modul, displej či MAX485.

Hned za napájecími piny je kvůli zamezení přepólování osazena dioda. Za diodou je umístěn 10 m Ω rezistor. Na rezistoru se měří úbytek napětí, díky kterému se zjistí spotřeba desky. Záměrně byla zvolena malá hodnota odporu rezistoru, protože větší odpor by zbytečně snižoval napětí, spotřebovával proud a zahříval se. Na druhé straně je úbytek napětí na tomto rezistoru velmi malý, proto bylo nutné přidat zesilovač, který nám tento úbytek zesílí na měřitelné hodnoty. Tyto hodnoty jsou posléze měřeny na A/D převodníku procesoru.

Dále už je připojen stabilizátor, z něhož jde napětí 5 V do celé desky.

Na desce je také uděláno měření napětí na napájení a to hlavně kvůli případné ochraně baterii a šetrnému zacházení s nimi. Pokud totiž u baterií klesne napětí pod určitou mez, velmi rychle ztrácejí svoji kapacitu a hrozí jejich zlikvidování. Nejvíce se tento efekt projevuje u baterií typu Li-pol a Li-on. Pro měření používám napěťový dělič (jedná se o dva rezistory, jeden je

přiveden na zem, druhý na plus a v místě kde se spojí, je již snížené napětí proti zemi, poměr mezi těmito rezistory udává o kolik se napětí sníží). Dělič nám dovoluje mít napájecí napětí až do 13,5 V, při vyšší hodnotě by se zničil A/D převodník v čipu a nebylo by už možné napětí na baterii měřit.

Mezi napájením A/D převodníku a klasickým napájením je ještě umístěna tlumivka, která by měla odfiltrovat vysokofrekvenční ruchy v obvodě.

Komunikace

Z čipu jsou vyvedeny dvě linky USART, sloužící pro komunikaci. Jedna je umístěna v levém horním rohu a druhá dole ve středu desky pod procesorem (pohled ze strany součástek). Obě linky k sobě mají přivedeno napájení a horní USART ještě jeden pin, který se dá využívat například k přepínání směru komunikace u čipu MAX485 (viz kapitola 5.2). Linky jsou přichystány tak, aby bylo možné připojit modul s MAXem pro kabelovou komunikaci mezi dvěma mikroprocesory až do vzdálenosti 1 km, bluetooth modul, který umožňuje bezdrátovou komunikaci s počítačem či jiným bluetooth modulem a FTDI sloužící ke kabelové komunikaci s počítačem a případnému ladění softwaru.

Přichystána je také linka I2C, po které může komunikovat až 127 zařízení jako třeba čip, který rozšíří počet vstupů/výstupů, další A/D převodníky, různé senzory, ultrazvuky a mnoho dalších zařízení využitelných v případě potřeby. Najdete ji hned vedle spodní linky USARTu a jsou k ní přidány také napájecí piny.

Pinheady

Kvůli displeji je na desce řada dvaceti pinheadů. Jeden napájecí pár je potřeba pro řídicí čipy, druhý pro podsvícení, osm pinů obstarává paralelní přenos dat, šest pinů se stará se o řízení přenosu. Tyto piny určují, na kterou část displeje se momentálně zapisuje, z které části se čte a umožňují displej restartovat. Další dva piny slouží pro regulaci jasu a podsvícení.

Na desce nalezneme také po pěti pinech GND a +5V, které jsou zde

přichystány na případné připojení dalšího hardwaru nebo jiných součástek. Kdykoliv v budoucnu se tyto piny mohou hodit.

Přidal jsem i dva piny určené na PWM. V budoucnu by mohl být využity k přehrávání zvuků z reproduktoru, který mám v plánu do pultu umístit, také by mohly být použity na regulaci podsvícení.

Samostatně je vyveden pin RESET (tento pin slouží k restartování procesoru a využívá se i při programování pomocí progmatoru), ke kterému je připojena zem. Tento pin se v může hodit v případě potřeby restartovat procesor a neobejdeme se bez něj při programování.

Mezi nejdůležitější pinheady, které jsou ještě na desce vyvedeny, patří šest skupin pinheadů pro A/D převodníky. Jedná se vždy o tři pinheady vedle sebe, které jsou v tomto pořadí: pin který jde k procesoru, napájecí pin (+5V) a zem (GND). Toto poněkud netradiční uspořádání bylo zvoleno z důvodu lepšího tažení drah po desce a možnosti jejich rozmístění. (Obvykle bývá ve středu umístěn pin, který jde k procesoru.) Piny budou sloužit k měření napětí na potenciometrech a hlavně na pákových ovládacích (kniplech).

Připravil jsem též výstupy pro tři informační LED diody, které budou sloužit k indikaci různých stavů v pultu. Například budou ukazovat zapnutí pultu, spojení s druhým zařízením či vybití baterií.

Pro programování je vyveden pin SCK.

Na pultu je osm přepínačů sloužících k ovládní modelu. Na všechny jsou připravené pinheady. Vedle nich je vyvedená zem (GND), kterou když s piny propojíme, tak procesor pozná, že se změnil stav přepínače.

Většina pinů na desce (až na USART, RESET, I2C, a piny určené displeji) jsou koncipovány tak, aby je bylo možné využít na cokoli, proto u nich je vyvedena zem (GND). To znamená, že na desce je obsaženo 22 vstupních či výstupních pinů, které můžete použít dle vlastní potřeby. Toto řešení dělá desku ještě univerzálnější.

Ostatní

K ovládání displeje by mělo sloužit pět tlačítek. Jejich funkci si představuji: nahoru, dolů, doleva, doprava a potvrzovací tlačítko. Doufám, že toto řešení je vhodně zvoleno.

Po desce jsou taženy tři dráty a to z důvodů úspory, zjednodušení výroby a lepšího navrhování desky. Pokud bychom tyto cesty netáhli drátem, museli bychom desku mít oboustrannou, což je jednak dražší, jednak (a to především) složitější na výrobu. Proto si myslím, že toto řešení je nejvhodnější.

Přidán byl i krystal, díky kterému může procesor běžet na 16 MHz, a tím vykonávat více instrukcí za stejný čas a být výkonnější.

Všechny dráhy jdoucí k procesoru jsou opatřeny ochranným rezistorem o hodnotě 220 Ω z důvodu ochrany proti zkratování.

Schéma zapojení a návrh řídicí desky jsou uvedeny v příloze. 8 a 27).

Software

Procesor se programuje pomocí jazyka C/C++ a různých knihoven sloužících k obsluze procesoru. Jelikož se programování pořad učím, strávil jsem nad tvorbou kódu nejvíce času. Program jsem se snažil psát přehledně a srozumitelně. K určitým místům jsem připsal vlastní komentář. Vytvořil jsem knihovnu k perifériím a modulům, sloužící k jejich ovládání a nastavování.

Naprogramoval jsem knihovny na obsluhu USART linky, A/D převodníků, časovače/čítače, tlačítek a přepínačů, a také k indikaci stavu pultu.

Hlavní program

Hlavní program využívá již předem nadefinovaných knihoven (např. *usart1.h*; *ad.h* ...). Nejprve provede základní inicializaci USART linky, následně aktivuje A/D převodník a přerušení u tlačítek, a potom spustí časovač.

Po těchto krocích se program dostane do smyčky, v které běží pořád až na doby, kdy je v přerušení. Mám nadefinována tři různá přerušení: vyvolané

A/D převodníkem, přetečením časovače a stisknutím tlačítka či přepínače. A/D převodník v přerušení zjišťuje hodnoty potenciometrů. V momentě kdy časovač přeteče (každých šestnáct milisekund) se odešlou hodnoty potenciometrů, které budeme chtít, a informace o poloze tlačítek. Při stisknutí tlačítka, které bude mít aktivované přerušení (mohou být maximálně čtyři) se vyvolá přerušení, pro které zatím nemám vymyšlenou konkrétní úlohu. Když procesor nebude v přerušení, bude kontrolovat stavy ostatních tlačítek, odesílat data na displej, kontrolovat napětí a spotřebu a případně řešit další věci.

Popis knihoven

USART (usart0.h a usart1.h) – Pro usart mám vytvořené dvě samostatné knihovny, každá slouží pro obsluhu jednoho usartu, protože procesor obsahuje dvě usart linky. Takto rozdělené knihovny se mi zdají přehlednější.

Jsou v nich vytvořené funkce pro inicializaci (nastavení) usartů, pro posílání jednotlivých bytů (znaků), odesílání celého textu nebo posílání čísel. Dále mám obsaženy dvě funkce pro příjem dat. Jedna zjistí, jestli něco přišlo a případně uloží do proměnné, druhá čeká dokud nepřijde nějaký znak a v momentě kdy dorazí, vrátí jej.

A/D převodník (ad.h) – V této knihovně je obsažena pouze inicializace převodníku.

Čítač/časovač (counter.h) – Zde mám nachystané funkce pro inicializaci jednotlivých časovačů, sloužící hlavně pro odesílání dat po usartu v přesných časových intervalech. V budoucnu bych chtěl přidat funkci pro obsluhu stopek či různému určování času (hodiny a odpočet času).

Tlačítka/přepínače (buttons.h) – Tato knihovna obsahuje funkce pro kontrolu stavu tlačítek a to buď stylem, kdy jen zjistí v jaké je poloze, nebo čeká, dokud se tlačítko nepřepne do definovaného stavu. Jelikož mám i tlačítka, které se dají obsluhovat v přerušení, mám přichystány příkazy na povolení a nastavení přerušení.

Indikace (indication.h) – Knihovna slouží k jednoduchému zapínání

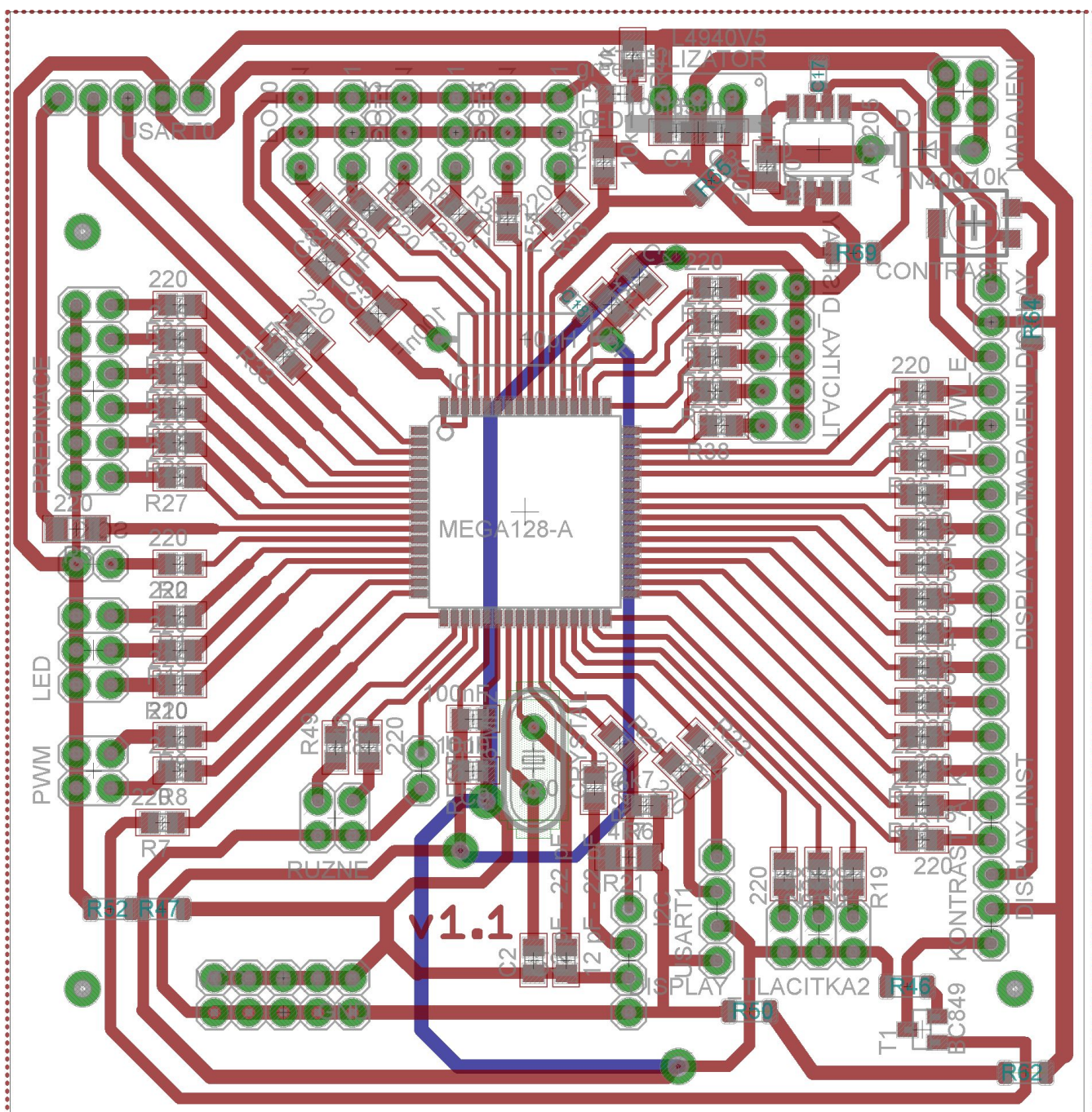
a vypínání jednotlivých LED diod.

Displej (display.h) – Tato knihovna slouží pro obsluhu displeje. S její tvorbou mi významně pomohl můj konzultant Jakub Streit. V knihovně jsou využity knihovny od Jakuba Streita (kubas_avrlib) a Martina Vajnara (avrlib). Tyto knihovny se využívají pro obsluhu portů a také pro seriovou linku. Já jsem si v knihovně nadefinoval všechny znaky a vytvořil funkce pro vypisování znaků a řetězců.

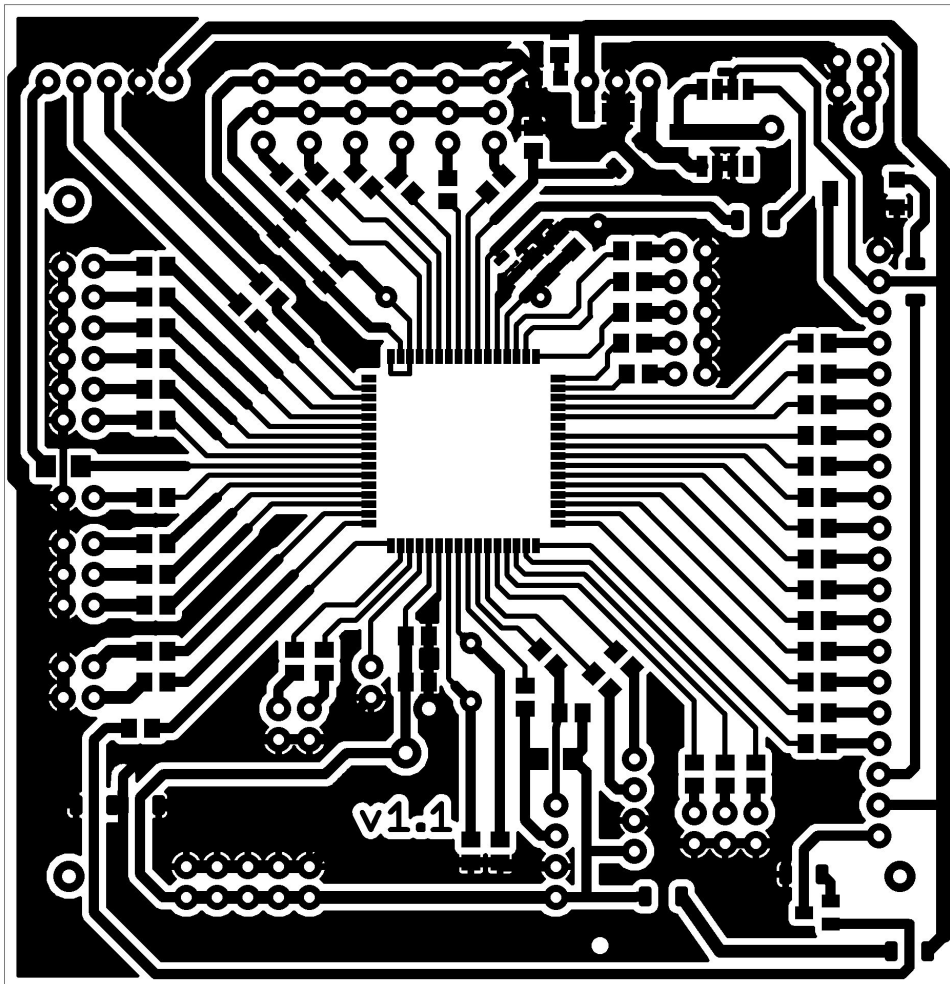
Seznam obrázků

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Eurobot Starter 2011 | 7 |
| 2 | YuniDroid Client | 12 |
| 3 | Motherboard v porovnání s mincí | 17 |
| 4 | MAX485 | 19 |
| 5 | Bluetooth modul | 20 |
| 6 | FTDI modul | 21 |
| 7 | Pult s výplní | 27 |
| 8 | Návrh plošného spoje řídicí desky 1. generace v programu Eagle | 42 |
| 9 | Osvítka řídicí desky 1. generace | 43 |
| 10 | Vyleptaná deska 1. generace s vyvrtanými a osazenými otvory | 43 |
| 11 | Hotová řídicí deska 1. generace – strana s pinheady | 44 |
| 12 | Hotová řídicí deska 1. generace – strana se součástkami | 44 |
| 13 | Ovládací pult 1. generace bez povrchové úpravy | 45 |
| 14 | Ovládací pult 1. generace po nastříkání | 45 |
| 15 | Schéma řídicí desky 1. generace | 46 |
| 16 | Návrh plošného spoje řídicí desky 2. generace v programu Eagle | 47 |
| 17 | Osvítka řídicí desky 2. generace z vrchní strany | 48 |
| 18 | Osvítka řídicí desky 2. generace ze spodní strany | 48 |
| 19 | Hotová řídicí deska 2. generace bez osazených součástek | 49 |
| 20 | Hotová řídicí deska 2. generace s osazenými součástkami | 49 |
| 21 | Schéma řídicí desky 2. generace | 50 |
| 22 | Návrh plošného spoje Kniplboard | 51 |
| 23 | Osvítka Kniplboard z vrchní strany | 51 |
| 24 | Osvítka kniplboard ze spodní strany | 51 |
| 25 | Hotová Kniplboard z vrchní strany | 52 |
| 26 | Hotová Kniplboard ze spodní strany | 52 |
| 27 | Schéma Kniplboard | 53 |
| 28 | Ovládací pult 2. generace bez výplně | 54 |
| 29 | Ovládací pult 2. generace s výplní | 54 |
| 30 | Moduly pro 2. generaci | 55 |
| 31 | Modul s křížovým ovladačem | 55 |

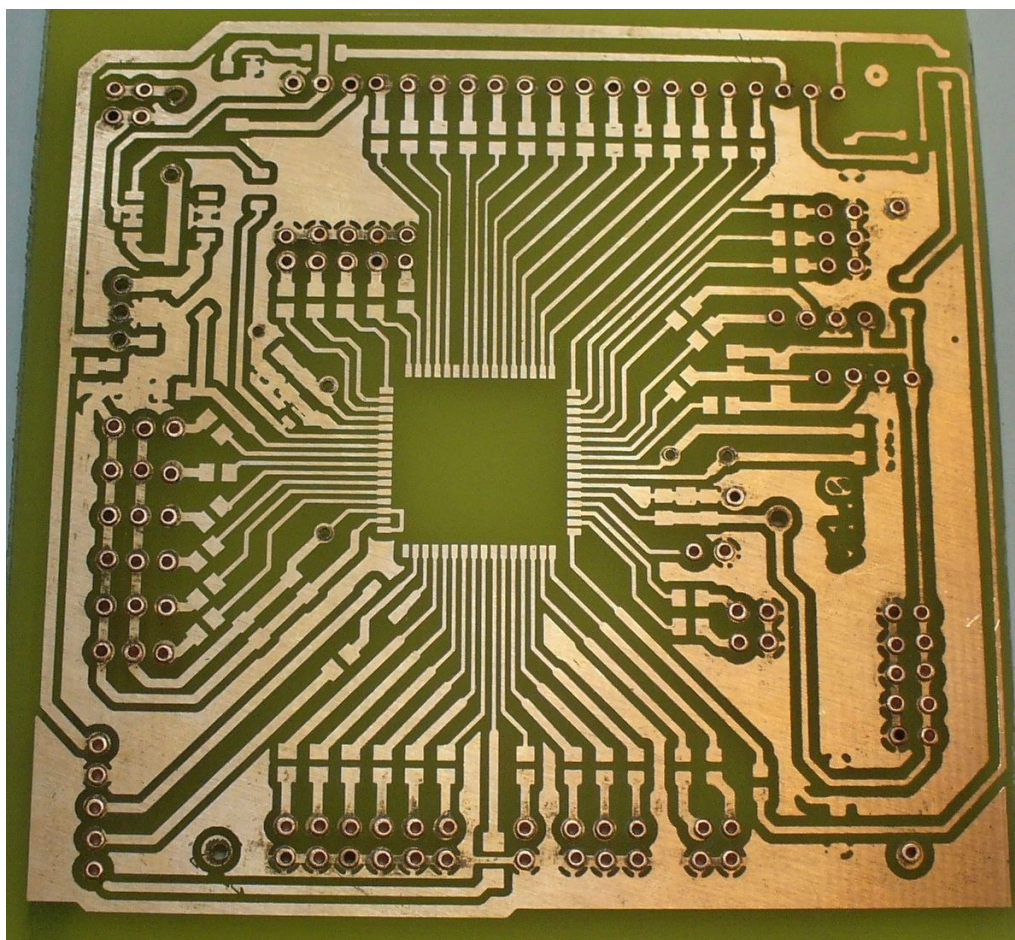
Obrazová příloha – 1. generace



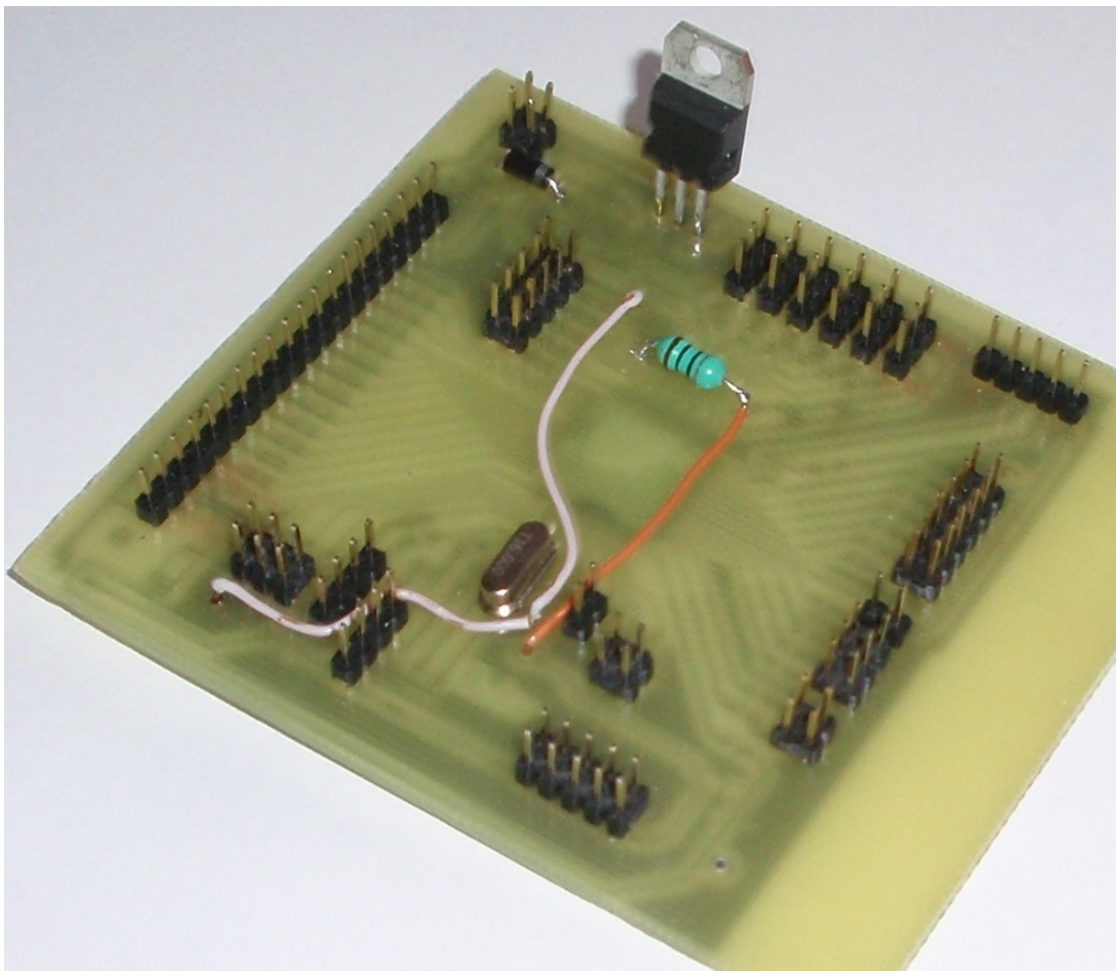
Obrázek 8: Návrh plošného spoje řídicí desky 1. generace v programu Eagle



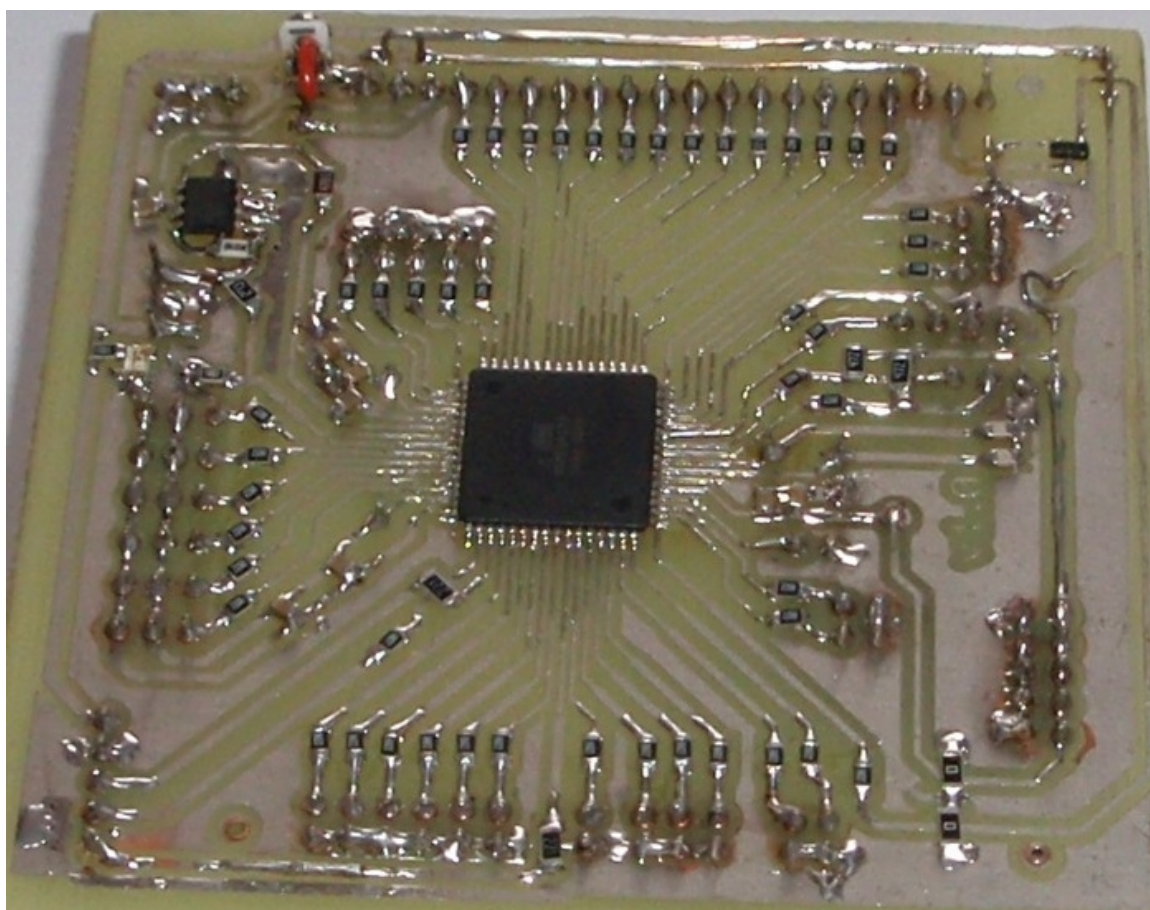
Obrázek 9: Osvitka řídicí desky 1. generace



Obrázek 10: Vyleptaná deska 1. generace s vyvrtanými a osazenými otvory



Obrázek 11: Hotová řídicí deska 1. generace – strana s pinheady



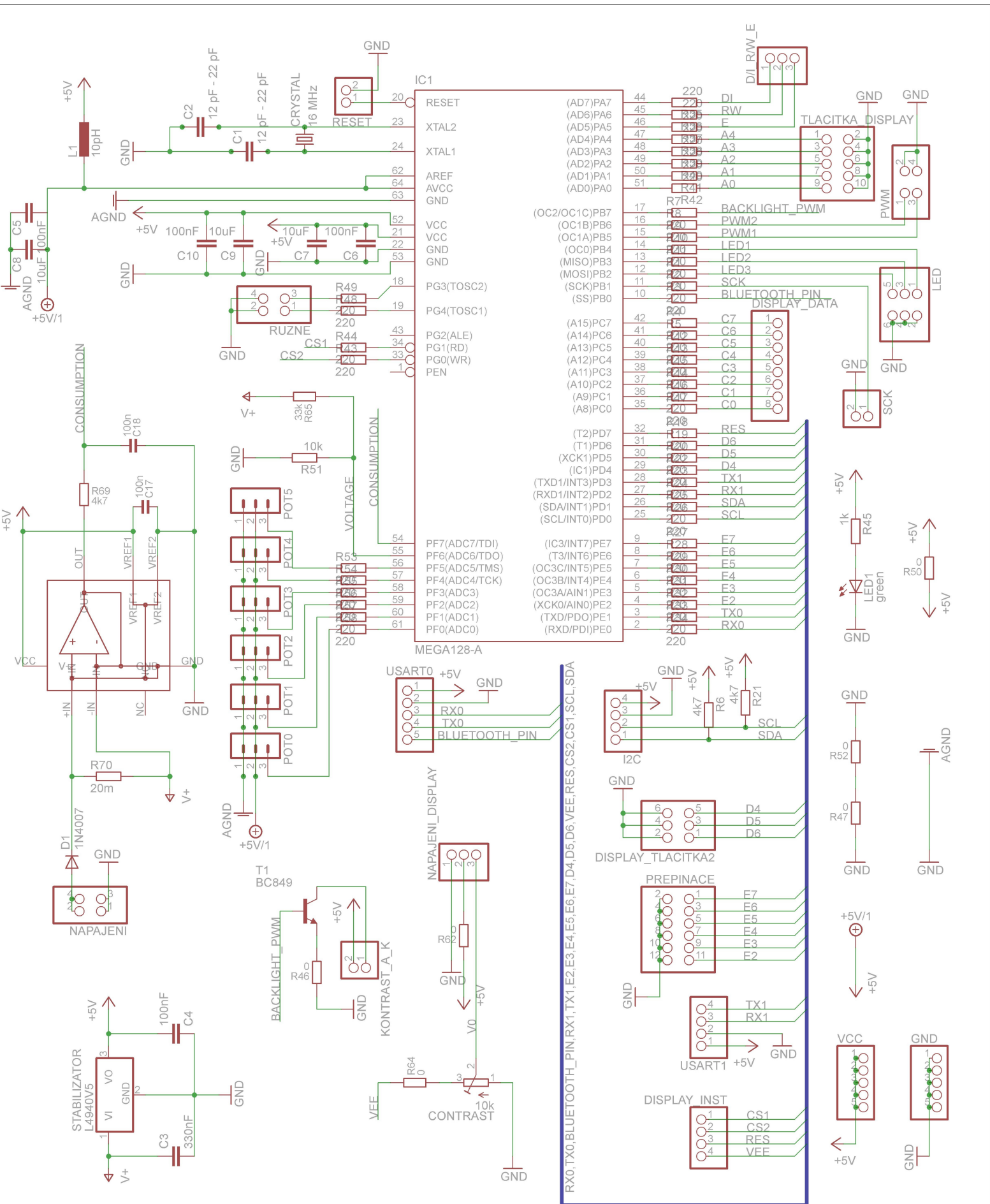
Obrázek 12: Hotová řídicí deska 1. generace – strana se součástkami



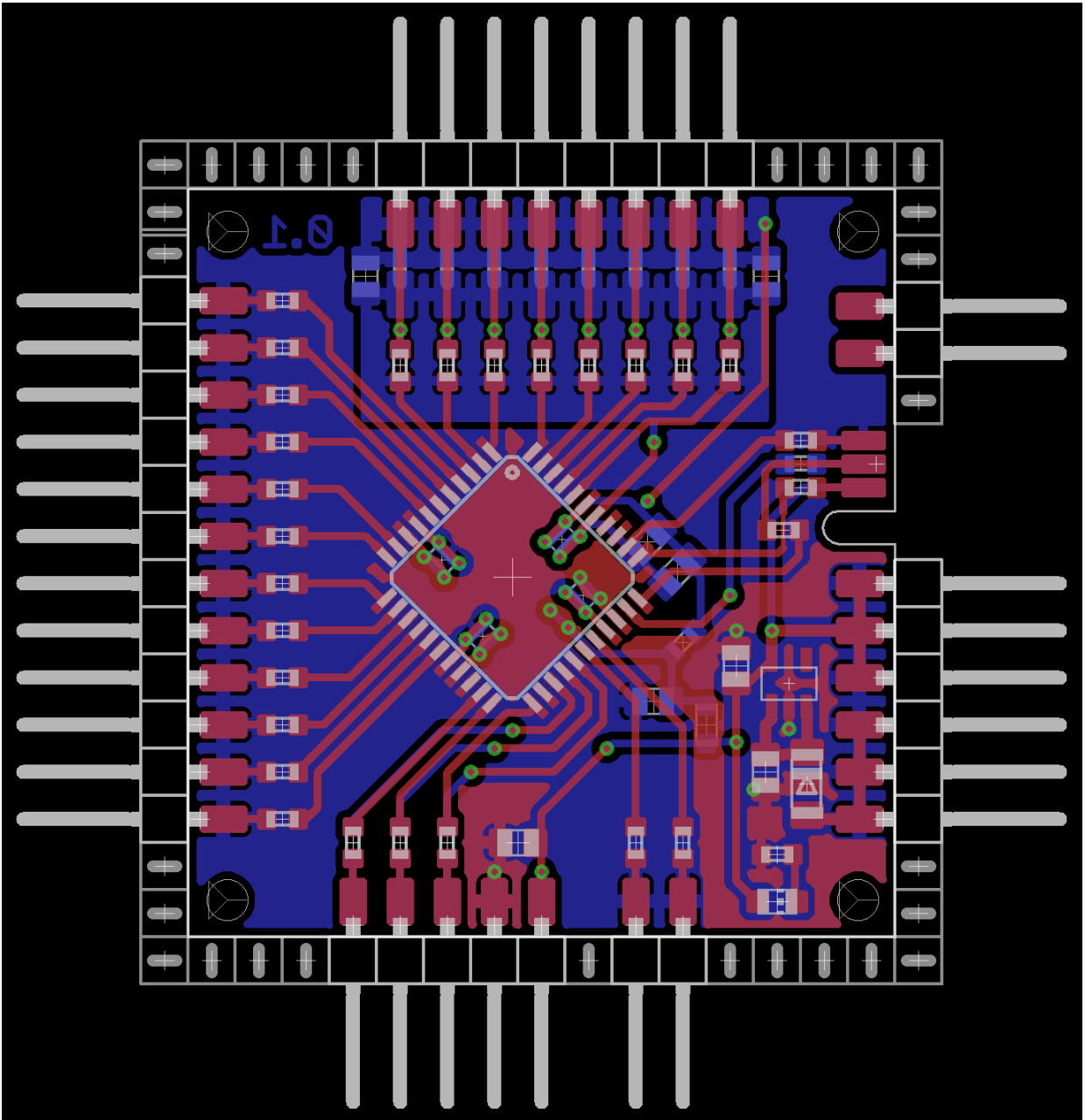
Obrázek 13: Ovládací pult 1. generace bez povrchové úpravy



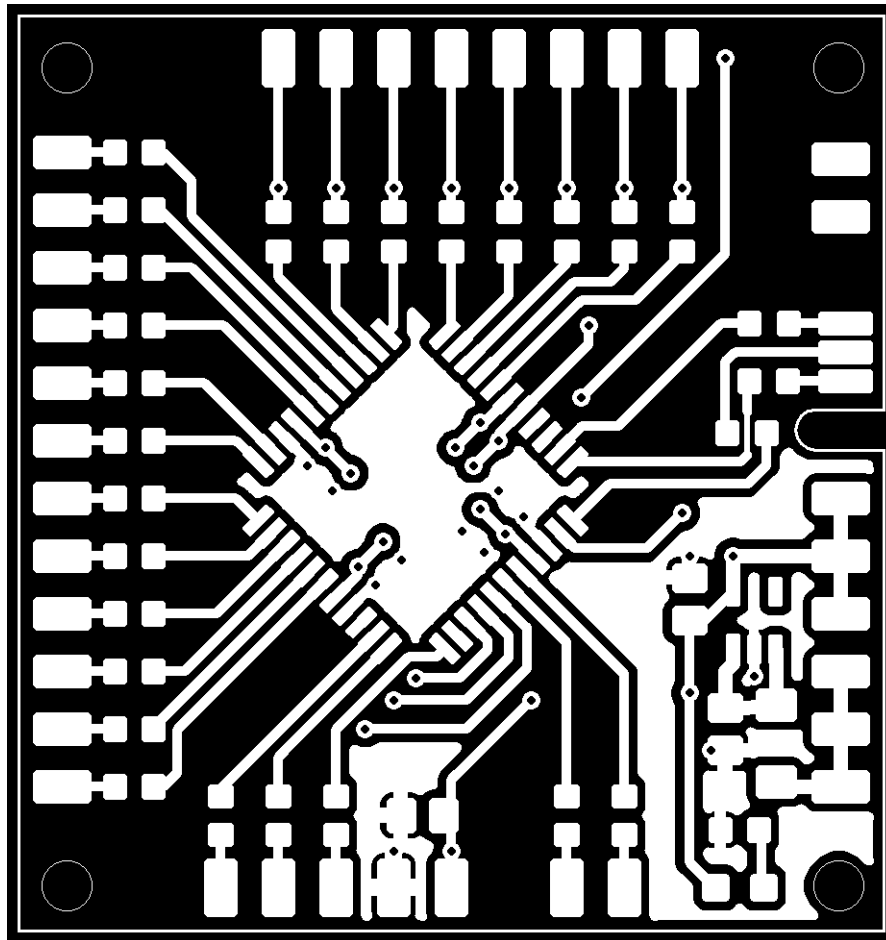
Obrázek 14: Ovládací pult 1. generace po nastříkání



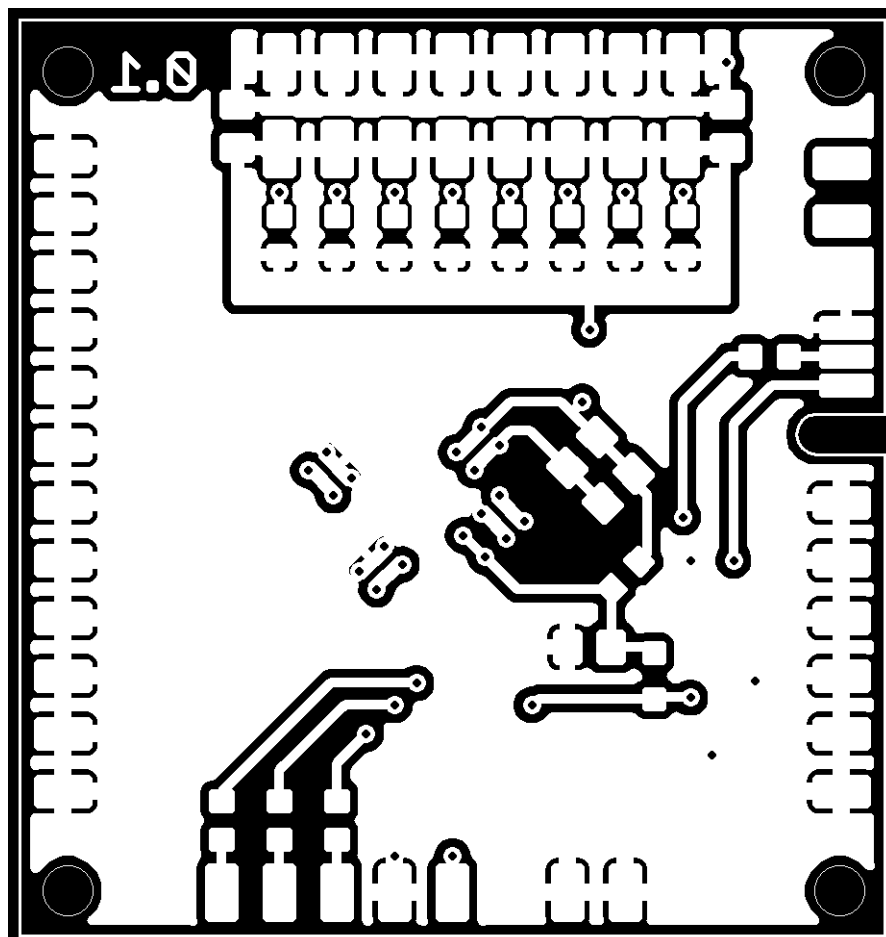
Obrázek 15: Schéma řídicí desky 1. generace



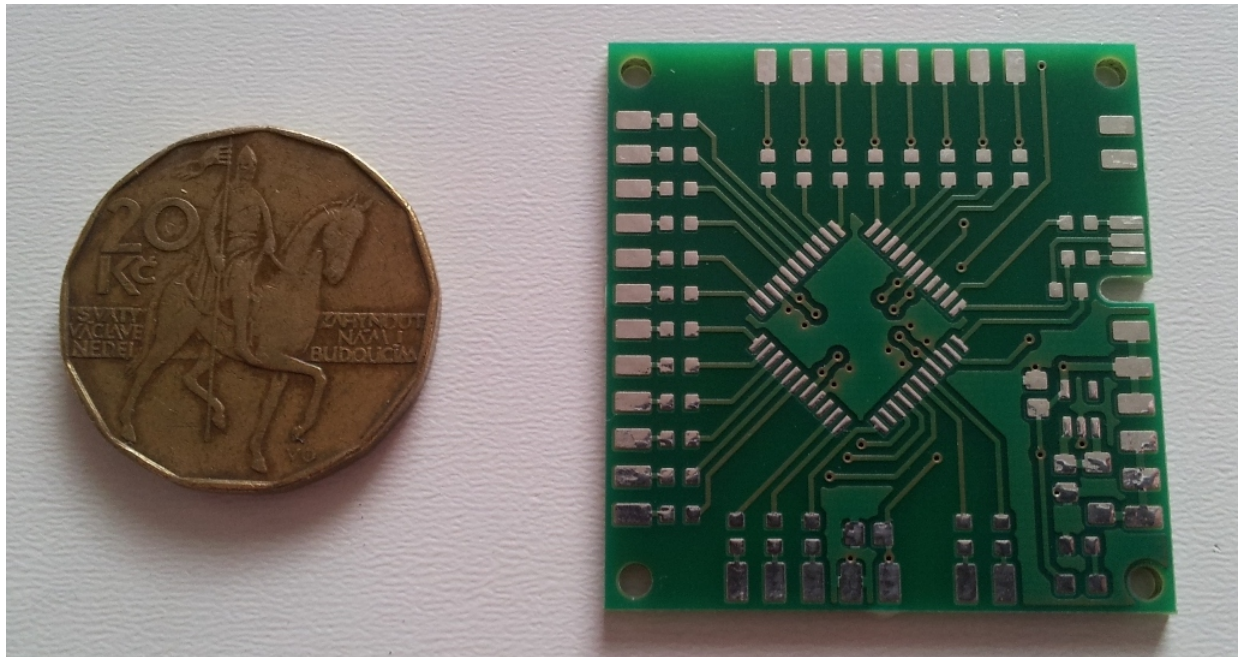
Obrázek 16: Návrh plošného spoje řídicí desky 2. generace v programu Eagle



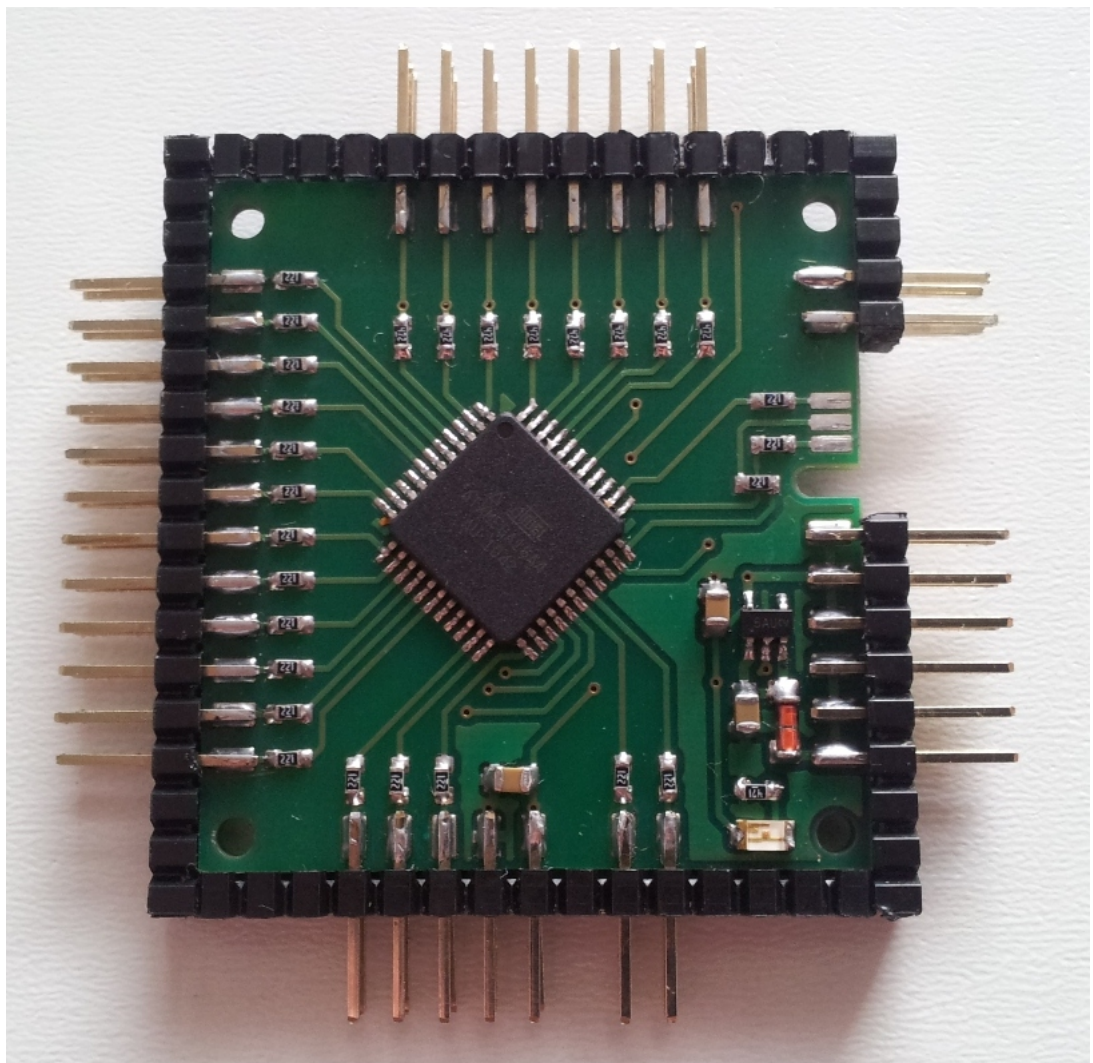
Obrázek 17: Osvitka řídicí desky 2. generace z vrchní strany



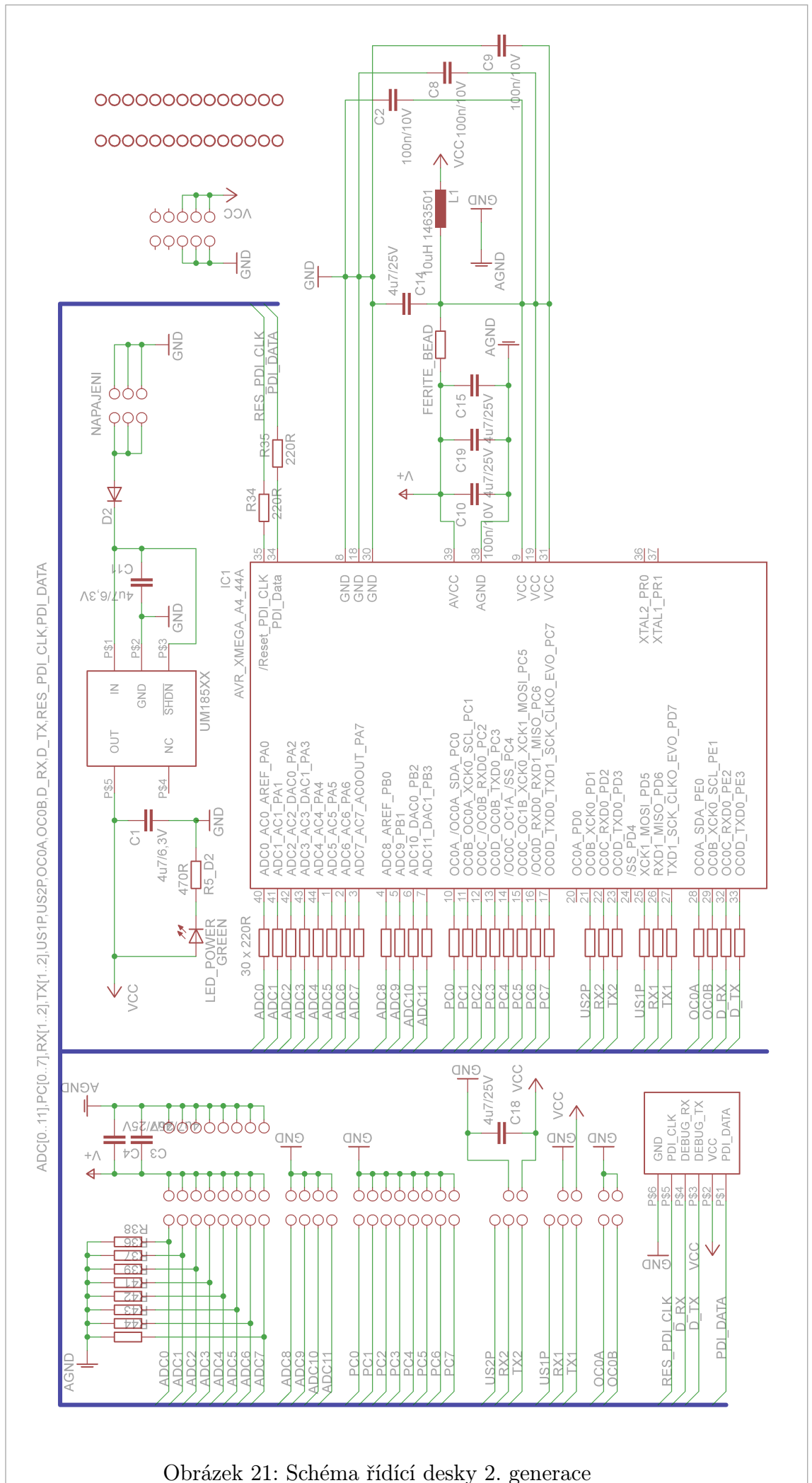
Obrázek 18: Osvitka řídicí desky 2. generace ze spodní strany



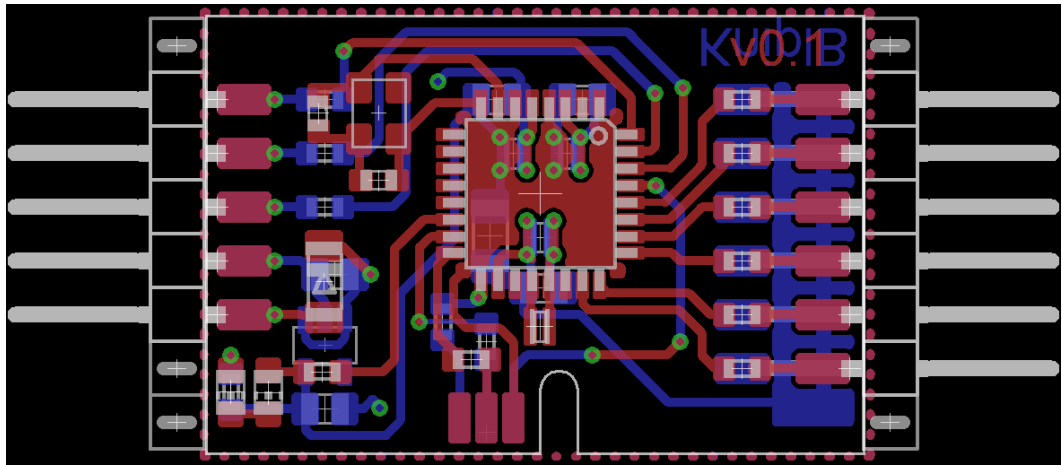
Obrázek 19: Hotová řídicí deska 2. generace bez osazených součástek



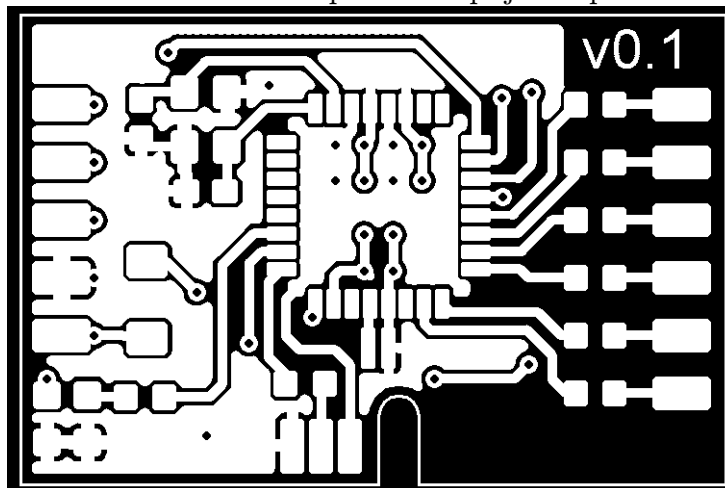
Obrázek 20: Hotová řídicí deska 2. generace s osazenými součástkami



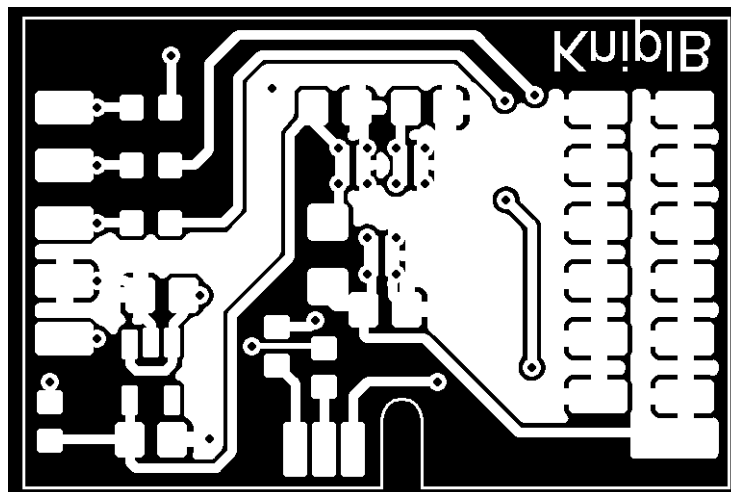
Obrázek 21: Schéma řídicí desky 2. generace



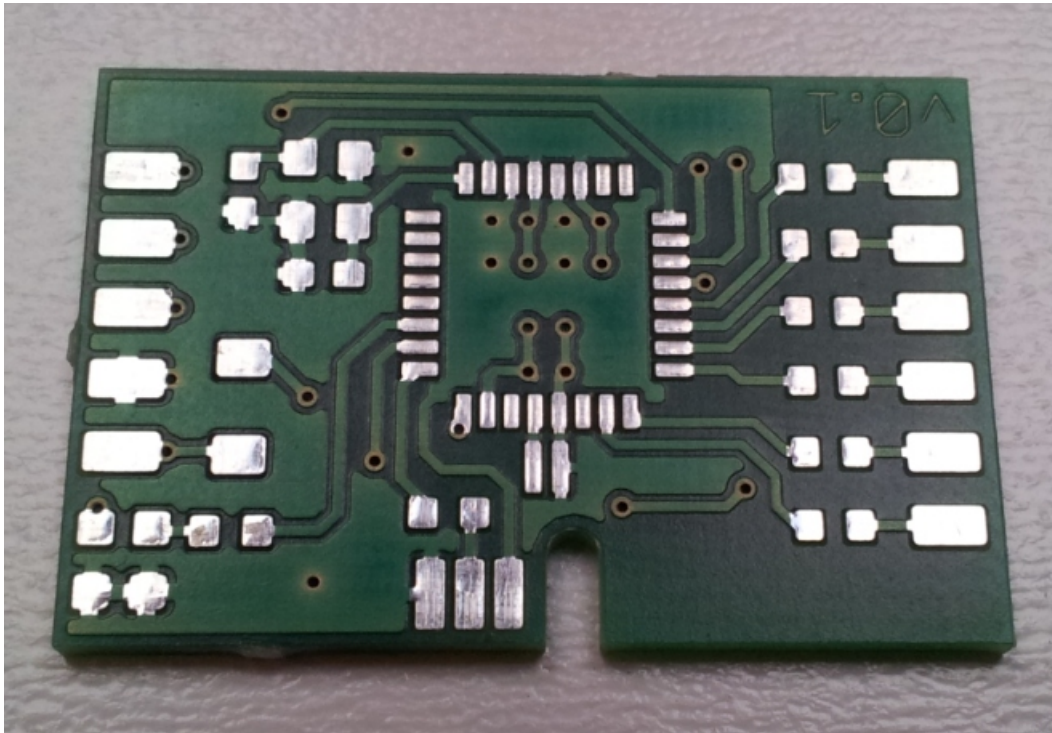
Obrázek 22: Návrh plošného spoje Knipboard



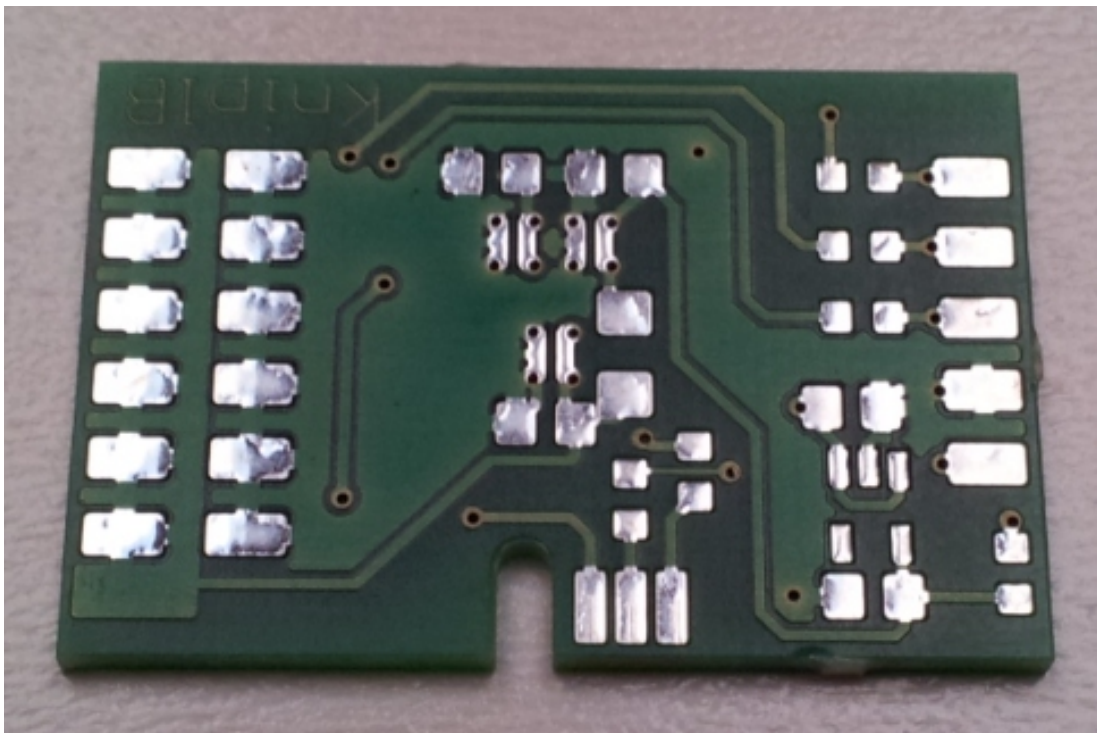
Obrázek 23: Osvitka Knipboard z vrchní strany



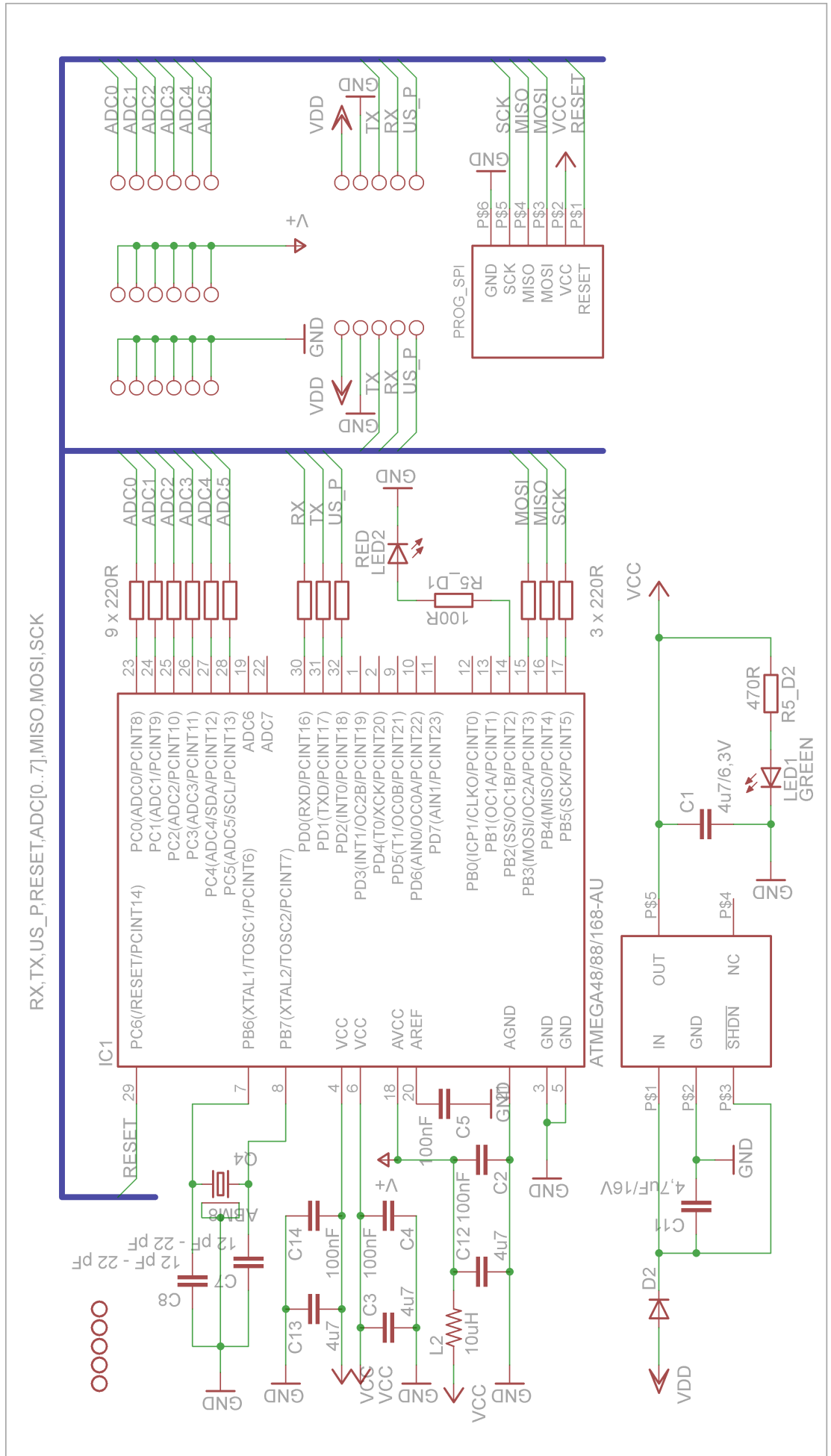
Obrázek 24: Osvitka knipboard ze spodní strany



Obrázek 25: Hotová Knipboard z vrchní strany



Obrázek 26: Hotová Knipboard ze spodní strany



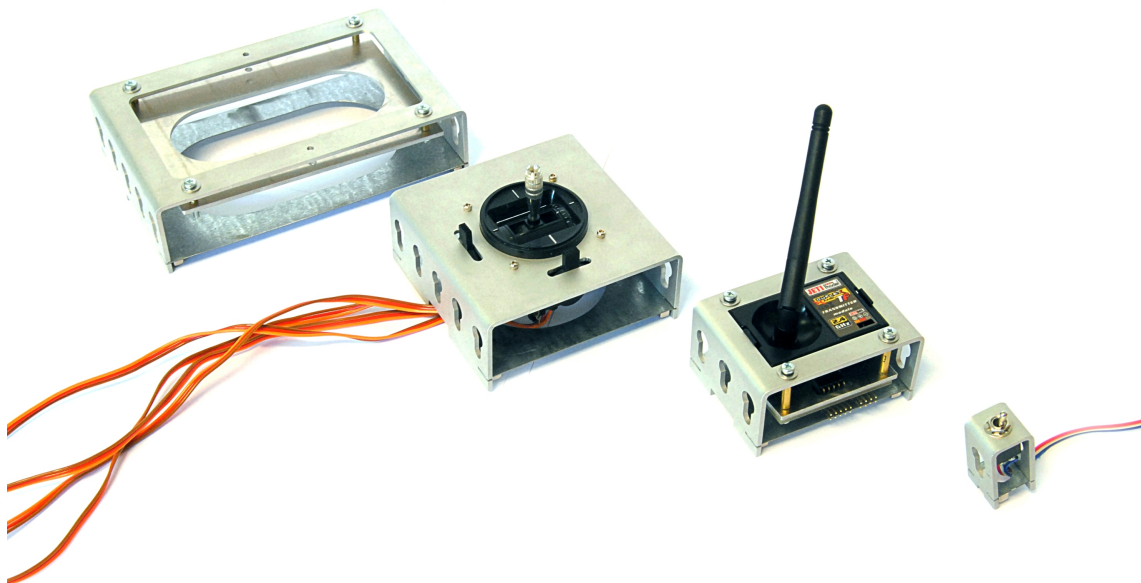
Obrázek 27: Schéma Knipboard



Obrázek 28: Ovládací pult 2. generace bez výplně



Obrázek 29: Ovládací pult 2. generace s výplní



Obrázek 30: Moduly pro 2. generaci



Obrázek 31: Modul s křížovým ovladačem