

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

UNIVERZÁLNÍ ROTÁTOR PRO ORNITOLOGICKÁ
POZOROVÁNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN TESAŘ

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY



FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

UNIVERZÁLNÍ ROTÁTOR PRO ORNITOLOGICKÁ POZOROVÁNÍ

UNIVERSAL ROTATOR FOR ORNITHOLOGICAL OBSERVATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

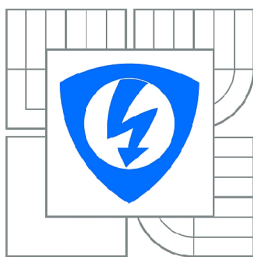
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN TESAŘ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. VÁCLAV RŮŽEK

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Jan Tesař

ID: 115294

Ročník: 3

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Univerzální rotátor pro ornitologická pozorování

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte systém umožňující otáčení, naklápění a reprodukci hlasu preparovaných zvířat (do hmotnosti 2 kg) sloužící k plašení pozorovaných ptáků. Systém bude bateriově napájen, dálkově ovládán a musí být schopen přehrávat zvuk (hlas) umístěného zvířete. Zařízení se bude pracovat na bázi 8-bitového mikrokontroléru, který bude zajišťovat řízení motorů, reprodukci zvuku, práci s dálkovým ovládáním sloužícím ke vzdálenému spouštění zařízení a komunikaci s PC pomocí rozhraní USB.

Prostudujte možnosti práce s krokovými a servo motory. Vyberte nejvhodnější mikrokontrolér, paměťové médium a vhodné dálkové ovládání. Na základě vybraných komponentů navrhněte zařízení suvedenými funkcemi.

Realizujte navržené zařízení. Vytvořte řídicí program v jazyce C, tento odladte a zařízení uveďte do chodu. Ověřte správnou funkci zařízení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] MANN, B. C pro mikrokontroléry, Praha: BEN - technická literatura, 2003.
- [2] FRÝZA, T. Mikroprocesorová technika. Elektronické skriptum. Brno: FEKT VUT v Brně, 2008.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 27.5.2011

Vedoucí práce: Ing. Václav Růžek

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí zařízení pro plašení ptáků při ornitologických pozorováních. Zařízení umožňuje naklápění, otáčení a reprodukci hlasu umístěného zvířete a je dálkově ovládáno pomocí bezdrátových modulů. Napájeno je pomocí baterie, umístěné zvíře má váhu do 2 kg.

KLÍČOVÁ SLOVA

Krokový motor, rotátor, mikrokontrolér, dálkové ovládání

ABSTRACT

Thesis deals with design of device for ornithological observing. Device operates tilting, turning and playback voice of animal and is handled via wireless modules. Voltage supply is from battery. Weight of animal doesn't exceed 2 kg.

KEYWORDS

Stepper motor, rotator, microcontroller, remote control

TESAŘ, J. *Univerzální rotátor pro ornitologická pozorování*. BRNO: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2011. 48 s. Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Růžek.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Univerzální rotátor pro ornitologická pozorování“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Václavu Růžkovi za poskytnuté informace a vedení během vypracování mé práce. V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Úvod	11
1 Krokové a servo motory	12
1.1 Krokové motory	12
1.1.1 Princip	12
1.1.2 Řízení	13
1.1.3 Použité motory a buzení pro rotátor	14
1.2 Servo motory	16
2 Řídící mikrokontrolér	17
2.1 Rozhraní SPI	17
2.2 Programování použitých mikrokontrolérů	19
2.2.1 In-System Programming (ISP) pomocí SPI	19
2.2.2 JTAG standard	19
3 Dálkové ovládání	20
3.1 Bezdrátové moduly	20
3.2 Návrh dálkového ovladače	21
4 Reprodukce zvuku	23
4.1 Obvody pro reprodukci zvuku	23
4.2 Audio přehrávač s SD kartou	24
5 Celková konstrukce rotátoru	26
5.1 Elektrická část	27
5.2 Mechanická část	27
6 Firmware	30
6.1 Ovladač	30
6.2 Hlavní jednotka	32
7 Závěr	34
Reference	35
Seznam symbolů, veličin a zkratk	36
Seznam příloh	37

A Schémata a DPS	38
A.1 Schémata	38
A.2 Osazovací plány DPS	41
A.3 Předlohy pro výrobu DPS	42
B Výpis součástek	44
C Fotodokumentace	46
D Manuál	48

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Zapojení krokového motoru s unipolárním buzením	13
1.2	KM umístěný v naklápěcím mechanismu	14
1.3	Hřídel motoru a její osazení přírubou	15
1.4	Vnitřek krokového motoru (pohled zespodu)	15
2.1	Komunikace pomocí SPI	17
2.2	Časové průběhy rozhraní SPI při CPHA=0	18
3.1	Bezdrátové moduly HM-868R a HM-868T	20
3.2	Schéma ovladače rotátoru	22
3.3	Vyrobený ovladač	22
4.1	Ukázkové zapojení přehrávání zvuku s IO ISD1730PY	23
4.2	Generování NF signálu z SD karty pomocí MCU	24
5.1	Blokové schéma celého rotátoru	26
5.2	Hotový výrobek - celkový náhled	28
5.3	Uspořádání prvků uvnitř rotátoru	29
6.1	Vývojový diagram programu pro ATmega8 v ovladači.	30
6.2	Přijatý rámec od ovladače.	31
6.3	Vývojový diagram řídicího MCU ATmega16.	32
A.1	Schéma vysílací části dálkového ovládání.	38
A.2	Schéma přijímací a řídicí části rotátoru.	39
A.3	Schéma části napájení a přehrávání zvuku.	40
A.4	Rozložení součástek strany TOP řídicí desky rotátoru.	41
A.5	Rozložení součástek strany BOTTOM řídicí desky rotátoru.	41
A.6	Rozložení součástek ovladače strana TOP.	42
A.7	DPS pro SD kartu a řízení rotátoru, pohled ze strany BOTTOM.	42
A.8	DPS ovladače, pohled ze strany BOTTOM.	43
C.1	Detail KM (pohled zespodu)	46
C.2	Osazená DPS (řízení, Rx modul, přehrávač)	46
C.3	Elektronika ovladače	47
D.1	Manuál k ovladači	48

SEZNAM TABULEK

B.1 Seznam součástí pro řídicí DPS rotátoru	44
B.2 Seznam součástí ovladače	45

ÚVOD

Cílem práce je pojednat o možnostech konstrukce jednoduchého univerzálního rotátoru, sloužícího ornitologům k plašení ptáků v jejich přirozeném prostředí. Tento pak na základě vybraných komponent navrhnout, sestrojít a oživit. Rotátor umožňuje otáčení a naklápění preparovaného zvířete. Za tímto účelem jsou prostudovány a popsány typy krokových a servo motorů. Vhodně vybrané motory pro realizaci jsou pak blíže specifikovány a použity.

Dále je třeba vyřešit přehrávání hlasu umístěného zvířete. V mém případě je požadavkem přiměřená kvalita zvuku a doba záznamu do 30 s. Z hlediska dnešních trendů a pohodlí obsluhy bude zvolena jako médium pro uložení přehrávaných dat SD karta.

V neposlední řadě je nutno realizovat dálkové ovládání. Pro něj je nejvhodnější využít bezdrátových RF modulů pracujících v ISM pásmu 868 MHz. Bude se jednat o modul vysílače ve funkci dálkového ovladače systému a modul přijímače na straně řídicí jednotky, jenž bude předávat povely mikrokontroléru. Ten pak bude řídit chod motorů a spouštět přehrávání zvuku.

Obsluha může rotátor z dálky ovládat buďto manuálně nebo spustit automatický režim. Ten umožňuje obsluze věnovat se vlastnímu ornitologickému výzkumu, zatímco zařízení v určitých intervalech samo pracuje s dravcem jenž plaší pozorované ptáky.

Rotátor je určen pro nasazení v terénu, proto bude vhodně zakrytován a chráněn alespoň proti cizím částicím, především co se týče elektroniky.

1 KROKOVÉ A SERVO MOTORY

Pro zařízení vyžadující přesné polohování v kombinaci s velkým točivým momentem se nejčastěji využívají krokové a servo motory. V této kapitole rozeberu funkci obou typů, přičemž předesílám, že pro realizaci rotátoru jsem vybral motory krokové (KM) pro jejich poměrně snadné řízení a univerzálnost.

1.1 Krokové motory

Jejich použití se zprvu vztahovalo na vojenskou techniku, s nástupem integrovaných obvodů se však rozšířily možnosti jejich řízení a jsou nasazovány i v komerční sféře. Nacházíme je v perifériích počítačů (pevné disky, tiskárny atd.), NC strojích, v pohonech robotů a v mnoha dalších aplikacích.

1.1.1 Princip

Na rozdíl od jednoduchého DC motoru, kde dosáhneme roztočení hřídele a změnu otáček prostým připojením stejnosměrného napětí na cívku rotoru se krokové motory musí řídit abychom dosáhli točení. Řízením je myšleno postupné připojování a odpojování napětí k jednotlivým fázím motoru, čímž jsou protilehlé zuby statoru a rotoru nuceny se přitáhnout a vytvoří tak malé pootočení hřídele, tj. krok. Rychlost otáčení nebo-li krokování je dána rychlostí přepínání fází [2].

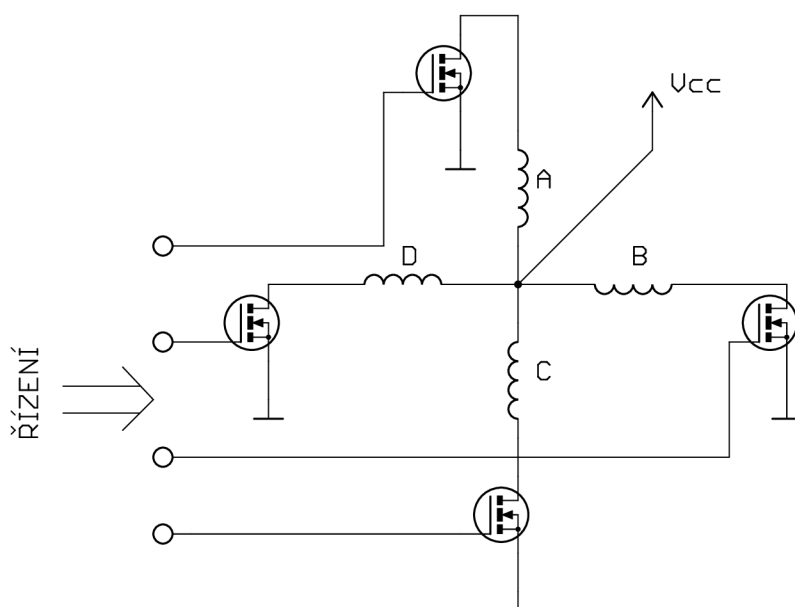
Možné rozdělení z technolog. hlediska je na motory s pasivním rotorem (též reakční či reluktanční) a na hybridní motory, které mají „aktivní rotor“ tvořený pólovými nástavci z nemagnetické oceli a permanentním magnetem. Nejčastěji se však dnes používají motory hybridní, které blíže popíši.

Jednotlivé pólové nástavce rotoru mají každý různou magnetickou polaritu. Stator je tvořen také ozubenými pólovými nástavci, na nichž jsou navinuté cívky. Jejich vhodným spojením dostáváme dvě fáze, které je možné budít několika způsoby a tím měnit některé vlastnosti - točivý moment, velikost kroku a také velikost momentu při větších krokovacích frekvencích.

Důležitou charakteristikou je u krokových motorů závislost krouťícího momentu na rychlosti krokování resp. otáčkách. Zde je nutné si uvědomit, že moment klesá s rostoucími otáčkami a to je třeba zohlednit při návrhu jakéhokoliv zařízení. V případě rotátoru bez převodovky nejsou otáčky kritické a je vhodné mít větší moment za cenu nízkých otáček, zvláště dimenzujeme-li motor na hraně jeho možností s danou zátěží otočit.

1.1.2 Řízení

V případě, že vývody motoru tvoří pět vodičů, jedná o zapojení fází paralelně s vyvedením společného středu fází na jeden vodič. V takovéto konfiguraci pak můžeme používat nejjednodušší způsob buzení a to unipolární, který je pro řešenou práci nejvhodnější vzhledem ke zdroji napájení, jímž bude baterie, a jednoduchosti buzení. Pro získání velkého kroutícího momentu se používá bipolárního buzení, což si vyžaduje zapojení symetrického zdroje napětí. Ten však ve své práci nepoužiji, a proto popíši řízení s unipolárním napájením jak je naznačeno na obrázku 1.1. Jeho nevýhodou je sice poloviční točivý moment vůči bipolárnímu, avšak není nutné používat složitá budící zapojení a má poloviční proudový odběr. Uvedené schéma je částečně ideové a neobsahuje zhaséací diody.



Obrázek 1.1: Zapojení krokového motoru s unipolárním buzením

Bez fyzických úprav výše uvedeného zapojení, pouze s různě naprogramovanou řídicí jednotkou (mikrokontrolérem) lze dále rozdělit způsoby řízení takto:

Čtyřtaktní řízení s magnetizací jedné fáze

Nejjednodušší způsob jak motor roztočit, opakuje se dokola vybudování jednotlivých fází A-B-C-D-A-B...

Čtyřtaktní řízení s magnetizací dvou fází

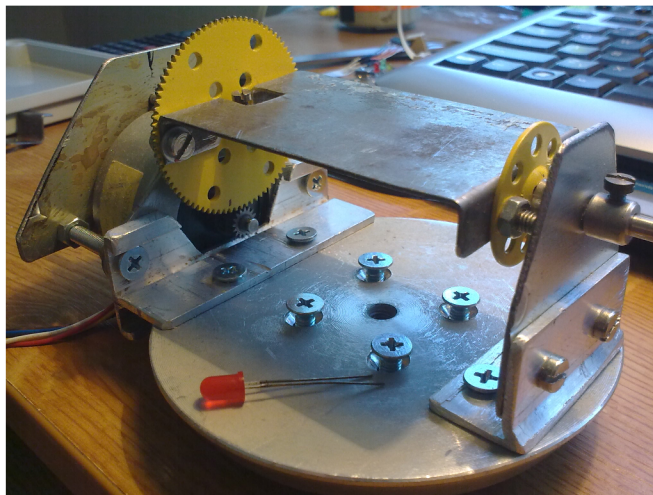
Budí se současně vždy dvě fáze AB-BC-CD-DA-AB-BC.. takto dosahujeme stejné velikosti kroku jako s magnetizací jedné fáze avšak zvýší se statický vazební moment, což je mnohdy žádoucí. Větší statický moment znamená, že je nutno vynaložit větší sílu pro roztržení magnetické vazby mezi rotorem a statorem stojícího nabuzeného motoru.

Osmitaktní řízení

Jeho využití je vhodné chceme-li zvýšit počet kroků na otáčku hřídele čili zmenšit velikost kroku. Oproti předchozím se zmenší krok na polovinu. Buzení se provádí v osmi taktech, kdy je vždy buzena střídavě jedna a dvě fáze - A-AB-B-BC-C-CD-D-DA..

1.1.3 Použité motory a buzení pro rotátor

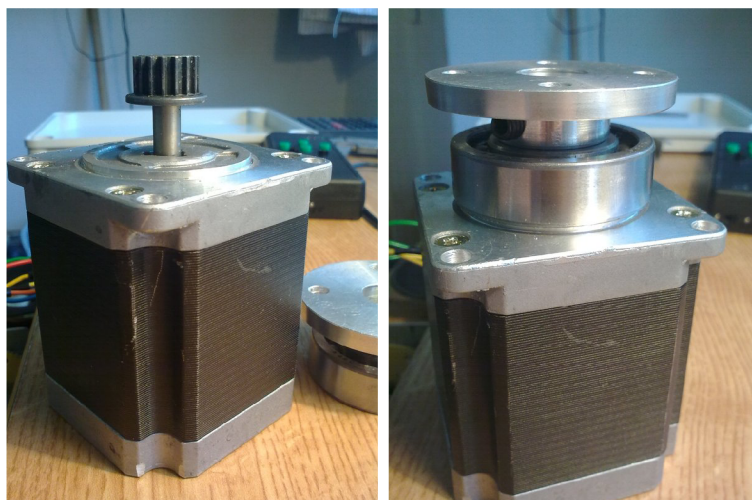
Pro svou práci jsem použil dva různé krokové motory. Menší z nich má odpor fáze 12Ω , krok $7,5^\circ$. K jeho účinnému využití je třeba použít převodu do pomalejších otáček, a tak získat větší kroučící moment. V rámci mechaniky zařízení je jeho úkolem naklápění zátěže, jak je patrné z následujícího obrázku.



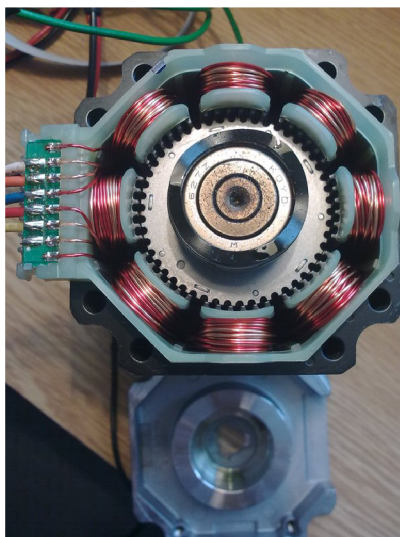
Obrázek 1.2: KM umístěný v naklápěcím mechanismu

Větší KM je použit pro otáčení v horizontální rovině. Jedná se opět o hybridní KM ovšem robustnější konstrukce, jež umožnila postavit celý rotátor přímo na hřídeli motoru. Výrobcem motoru je firma Sanyo, model 103H7123-0740. Odpor vinutí fáze je bohužel pouze $0,8 \Omega$ (velké proudy). Točivý moment je však $0,8 \text{ N}\cdot\text{m}$, povolená zátěž v ose motoru je 15 N a kolmo na hřídel 75 N . Předpokládaná váha

vrchní části rotátoru je 1 kg konstrukce a 2 kg otáčená zátěž. Součet tedy přesahuje povolených 1,5 kg. Z tohoto důvodu není možné nechat tlačit celou váhu vrchní naklápěcí plošiny přímo do osy hřídele. Proto je vrchní část rotátoru nadlehčována kuličkovým ložiskem na nějž dosedá. Hřídel je z výroby osazena ozubeným kolečkem, pro které jsem vyrobil duralovou přírubu těsně sedící na ozubení, z boku přitaženou šroubkem.



Obrázek 1.3: Hřídel motoru a její osazení přírubou



Obrázek 1.4: Vnitřek krokového motoru (pohled zespodu)

Pro menší motorky lze použít jako budič IO řady ULN28xx, ty jsem však vyloučil kvůli malému maximálnímu proudu 500 mA. Nejlepším řešením pro buzení obou motorů tak zůstaly tranzistory typu MOSFET. Použil jsem typ BUZ11 N vodivosti,

který má maximální povolené napětí U_{DS} 50 V, I_{DS} 30 A a především odpor kanálu v sepnutém stavu pouze 0,12 Ω pro $U_{GS} = 5$ V[1]. Větší z testovaných motorů má odpor vinutí fáze i s přívody a kanálem MOSFETu asi 1 Ω . Při napájení 6 V a jednoduchém propočtu z Ohmova zákona vychází 6 A proudu, který vyvolá výkonovou ztrátu na tranzistoru asi 4,3 W.

$$P_{TO220} = R_{DS} \cdot I_{DS}^2 = 0,12 \cdot 6^2 \approx 4,3W \quad (1.1)$$

Pouzdro TO220 tedy musí přenést tepelný výkon 4,3 W do okolí. Výrobce udává oteplení 75°C/W. Pro teplotu okolí 30°C sečteno s oteplením 4,3 W · 75°C se tedy dostáváme na asi 350°C provozní teploty na pouzdře součástky. To je však za hranicí 150°C udávanou výrobcem pro správnou funkci. Z toho plyne nutné použití chladičů pro trvalý provoz zařízení.

Při odpojení zdroje proudu motoru(rozepnutí tranzistoru) se indukčnost vinutí motoru snaží zachovávat stávající směr toku proudu, který teče stále díky zanikání magnetického pole. Z tohoto důvodu se ke každému vinutí připojuje dioda pólovaná tak, aby uzavřela proudový okruh. Tímto opatřením nedochází k nárůstům napětí do extrémních hodnot a průrazům s nebezpečnými účinky pro okolní součástky. Říkáme, že tzv. zhasíme cívky.

1.2 Servo motory

Pro polohování se nejčastěji používá servo. Servo systémy mohou být elektrické, ale také třeba hydraulické. V principu jde o systém, který dokáže diskrétně nebo spojitě měnit polohu mezi dvěma či více pozicemi. K tomu aby systém věděl v jakém bodě se právě nachází slouží zpětná vazba.

U modelářských serv je zpětná vazba řešena většinou potenciometrem přímo připojeným na hřídel. Řídící obvod pak ví, zda je již dosaženo žádané polohy a má se zastavit. Digitální servo je v podstatě DC motor opatřený převodovkou, která určuje poměr síly motoru a rychlosti otáčení. Obsahuje také elektroniku, která určuje jakým směrem se má natočit hřídel. Ovládání takového motoru je řešeno třemi vodiči. Dva vodiče jsou napájení, zpravidla do 6 V. Třetí vodič je řídicí. Na něm se nechá např. pomocí mikrokontroléru generovat PWM. Perioda pulzů je 20 ms. Podle toho jakou má impuls šířku (nebo-li DCL) se elektronika motoru rozhoduje jakou akci vykoná. 1 ms způsobí maximální levé natočení, 2 ms maximální pravé natočení a 1,5 ms určuje střední polohu[2].

Existují různé velikosti serv. Výše uvedený typ je spíše pro nenáročné modelářské aplikace, dosahuje kroutících momentů v řádu desítek Ncm.

2 ŘÍDÍCÍ MIKROKONTROLÉR

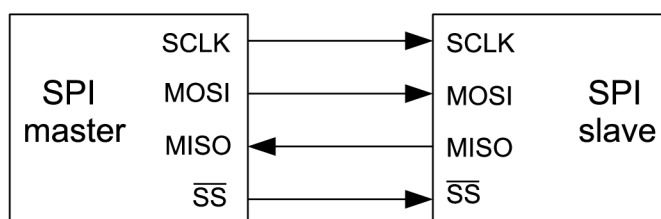
Požadavkem zadání je zajistit řízení vhodným 8-bitovým mikrokontrolérem programovatelným v jazyce C. Z velkého spektra možných výrobců a typů jsem zvolil výrobce Atmel, typ AVR ATmega16 [3]. Důvodem je především dobrá znalost tohoto MCU z výuky a jeho univerzálnost pro mnoho aplikací, včetně této práce. Konkrétně z mnoha vlastností a funkcí, které ATmega16 obsahuje využiji částečně či zcela tyto:

- 16 kB Flash paměť programu. 1 kB vnitřní SRAM.
- Dva 8-bitové a jeden 16-bitový čítač/časovač.
- Komunikační rozhraní SPI.
- Programovací a debug rozhraní JTAG.
- 32 programovatelných vstupně/výstupních pinů.

Obvod je napájen stabilizovanými 5 V. Proudové nároky na výstupní porty jsou minimální vzhledem k použití unipolární technologie pro buzení motorů.

2.1 Rozhraní SPI

Stěžejní je především SPI rozhraní[9], pomocí něhož se IO programuje. Jedná se o synchronní obousměrný přenos dat. Následující schéma 2.1 je obecné zapojení dvou zařízení pro komunikaci pomocí SPI.

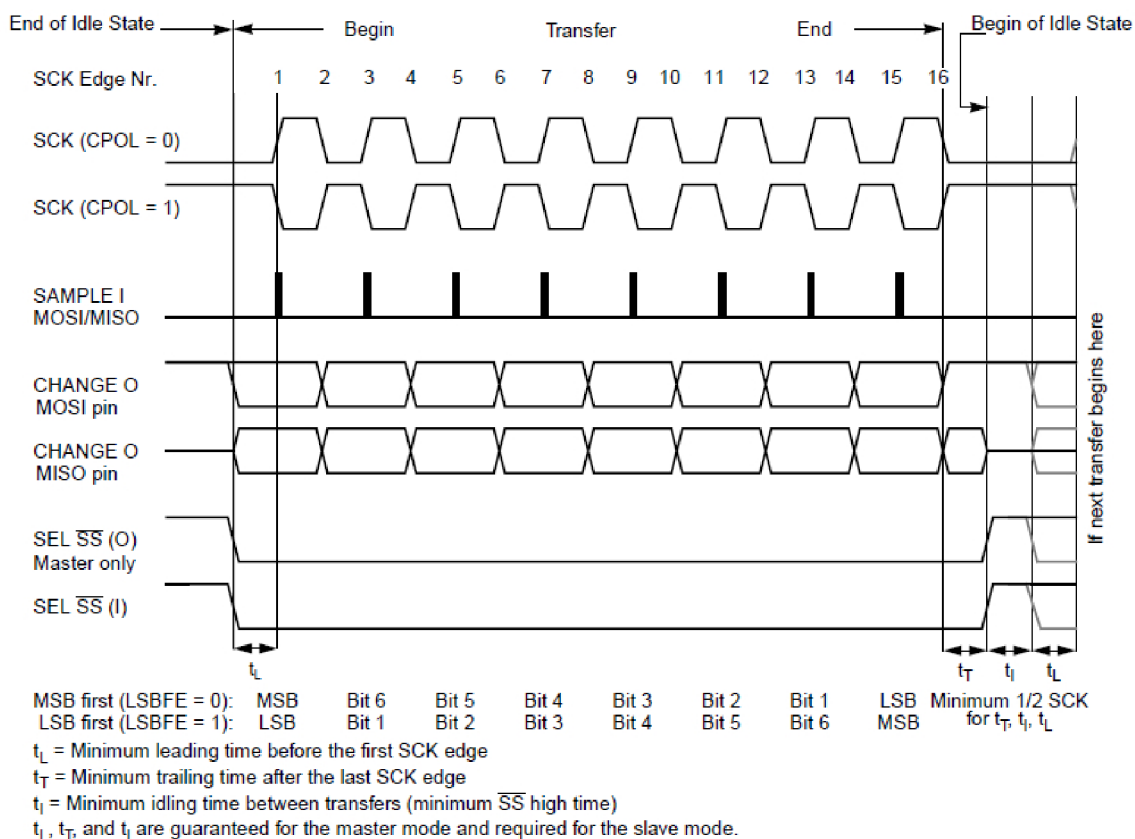


Obrázek 2.1: Komunikace pomocí SPI

Komunikaci zahajuje zařízení Master, které nastaví na výstupu \overline{SS} spojeném se zařízením se kterým chce komunikovat úroveň L. Je také možné vybírat z více Slave

obvodů, pak je ale nutné používat pro každý tento obvod zvláštní výstup ze zařízení Master - $\overline{SS}1$, $\overline{SS}2$. Uvažujme nyní jen jedno zařízení Slave, jako je na obrázku.

Master začne generovat hodinový signál na výstupu SCLK a obě zařízení posílají na jeho náběžnou nebo sestupnou hranu (záleží na nastavení) svá data. Data jsou uložena v posuvných registrech a postupně vyčítána bit po bitu. Nejčastěji se jedná o 8 bitů, které se vysílají v pořadí od MSB po LSB. Pro odvysílání bytu je zapotřebí 16 period hodinového signálu. Data jsou totiž lichou změnou hrany hodinového signálu načtena do registru a sudou hranou odvysílána, nebo-li je změněn stav MOSI a MISO pinu. Po jejich odvysílání je možné generovat přerušování. Jakmile je slovo odvysíláno může se buď pokračovat v přenosu nebo Master vypne hodinový signál a nastaví \overline{SS} do H, a tím ukončí komunikaci.



Obrázek 2.2: Časové průběhy rozhraní SPI při CPHA=0

Obrázek 2.2 znázorňuje časové průběhy na jednotlivých vodičích SPI jak jej popisuje manuál od firmy Freescale. Zobrazení je pro nastavení CPHA=0. V tomto módu se první datový bit objevuje hned po zvolení slave nastavením \overline{SS} do 0. Po odvysílání bytu je nutno na půl periody hodinového signálu nastavit vysokou úroveň

na \overline{SS} a poté je možno zasílat další byte. Tato podmínka není nutná při nastavení $CPHA=1$.

2.2 Programování použitých mikrokontrolérů

2.2.1 In-System Programming (ISP) pomocí SPI

ISP nám umožňuje nahrávání kódu do mikroprocesoru, aniž by bylo nutné jej z již hotové aplikace vyjmout. To zvyšuje efektivitu práce při ladění aplikace popř. při aktualizacích firmware. V zařízení se nachází tři MCU rodiny AVR, všechny lze programovat pomocí SPI. Ovladač i hlavní řídicí deska mají SPI vyvedeno na standartní počítačové piny s roztečí 2,56 mm pro snadné připojení jakéhokoli SPI programátoru.

Nahrávání zkompilevaného programu do ATmega16(8) má být realizováno pomocí USB. Je tedy nutné mít vhodný programátor, který nevyžaduje klasické sériové rozhraní na straně počítače. To jsem vyřešil konstrukcí UREL verze programátoru Biprog [4]. Obsahuje převodník z USB na RS232 realizovaný IO FT232RL. V programu AVR Studio jenž používám pro psaní a kompilaci kódu se pak zařízení namapuje jako by bylo připojeno na COM portu. Samotný programátor se dále skládá z IO ATmega8L jenž obsahuje firmware pomocí něhož zkompilevaný program nahrává do cílové aplikace přes rozhraní SPI. Výhodou BiProgu je také možnost z něj napájet cílovou aplikaci při jejím vývoji pomocí napětí 5 nebo 3,3 V.

2.2.2 JTAG standard

Standard byl původně vyvinut k testování plošných spojů[9]. V současnosti však nalézá široké uplatnění také v embedded aplikacích. Jednak jej lze použít pro tzv. debugování, při němž je možné ladit vyvíjenou aplikaci za chodu a přes JTAG si nechat posílat do PC informace o stavu jednotlivých částí MCU. Běh programu lze pozastavit, nastavit breakpointy atd.

Další funkcí je programování Flash paměti. Pro některé MCU (novější typy s větším počtem pinů) jím lze tedy nahradit programování přes SPI. Také ATmega16 tento standard obsahuje. Pro jeho použití jsou vyhrazeny 4 piny jako alternativa portu C. Na řídicí DPS rotátoru jsou vyvedeny pro případ použití jiného programátoru než BiProg.

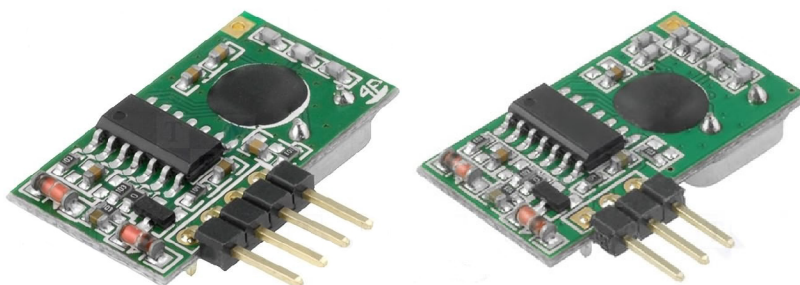
3 DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ

Je několik kmitočtových pásem, ve kterých lze dálkové ovládání realizovat. Z účelu použití navrhovaného zařízení plyne zajistit ovladatelnost alespoň na 100 m. IrDa přenos s dosahem jednotek metrů je tedy nepoužitelný. Další technologií ISM pásma 2,4 GHz je Bluetooth. Ten má dosah desítky metrů, maximálně však 100 m, proto jsem jej také vyloučil. Existují však i další kmitočty ISM na kterých se dá volně komunikovat. Jmenovitě kmitočty 433,92 MHz a 868 MHz (pouze Evropa) [5]. V těchto pásmech již lze dosahovat přenosů na stovky metrů.

3.1 Bezdrátové moduly

Zvolil jsem frekvenci 868 MHz a jeden pár miniaturních bezdrátových modulů firmy Hope Microelectronics, typ HM-R868 (přijímač) a HM-T868 (vysílač) [6]. Dle výrobce je dosah až 160 m ve volném prostoru (anténa 2 m nad zemí). I při dosažení poloviny této hodnoty bude vybrané zařízení dostačující. Poměr výkon/cena je také dobrý, je to téměř nejlevnější možná varianta (250 Kč oba moduly k 15.3.2011).

Antény u obou modulů mají délku $\lambda/4$ (86 mm) a tvoří je vertikálně polarizovaný přímo připájený vodič. Robustnost antén není nutná, jelikož jsou umístěny v dobře kryté plastové krabici na Rx i Tx straně.



Obrázek 3.1: Bezdrátové moduly HM-868R a HM-868T

Hlavní vlastnosti a funkce bezdrátových modulů [6]:

- Dosah komunikace až 160 m na kmitočtu 868 MHz.
- Maximální vyzářený výkon vysílače na kmitočtu 868 MHz 4 dBm.
- Napájecí napětí 2,5 - 5 V.
- Spotřeba 31 mA vysílač při vysílání, 10 mA přijímač.
- Modulace FSK.

- Maximální přenosová rychlost 9600 bps.

Práce s moduly je velmi snadná. Vysílač má tři piny, dva pro napájení a jeden pro data. Ta se objevují na výstupu přijímače v reálném čase ihned po odvysílání. Jedná se tedy o jakýsi tunel ve kterém je třeba zvolit vhodný formát dat, čili linkový kód. Jestliže se nevysílá déle jak 70 ms vysílač se sám uspí. Na přijímací straně je potřeba povolit příjem pouze nastavením pinu ENABLE.

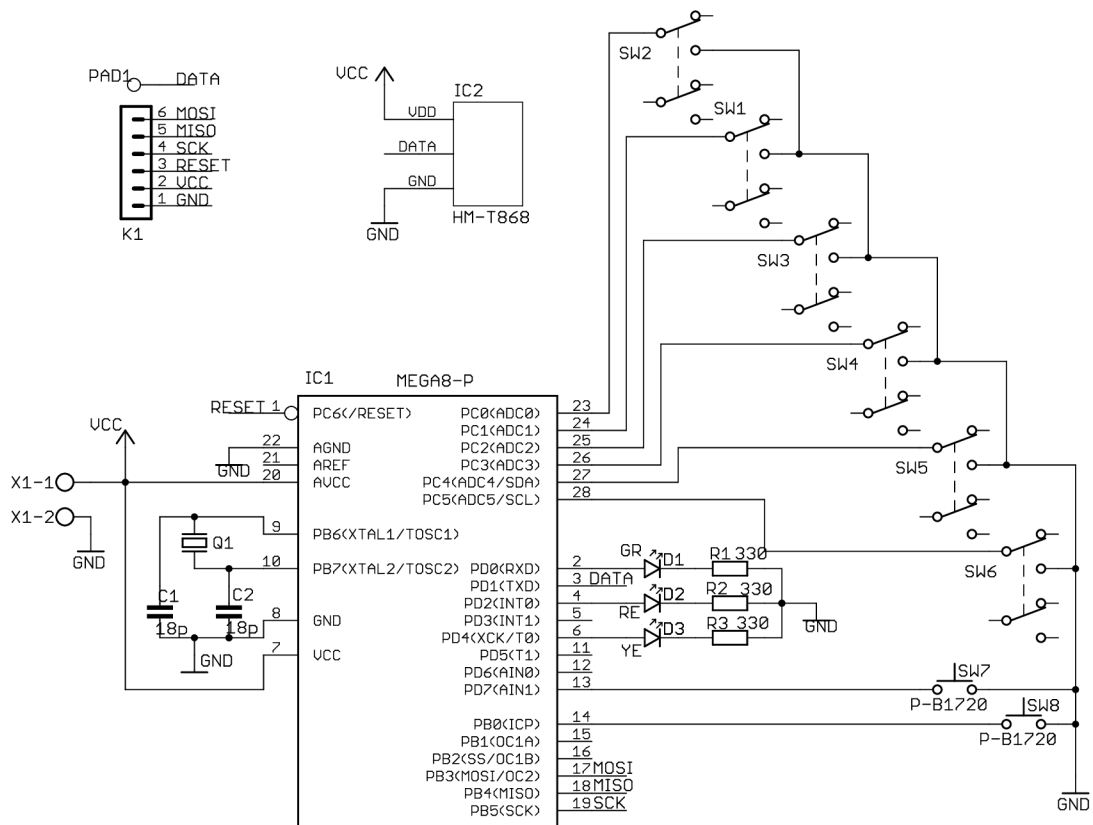
Původně byl záměr použít pro realizaci složitější moduly typu RFM01(2). Ty lze detailně nastavit (frekvence, bit rate, ..) zápisem správných hodnot do jejich registrů. Data se do nich pak posílají pomocí SPI, s tím že o jejich přenos se postarají samy moduly. Avšak nedobrá zkušenost právě se složitým nastavováním těchto modulů mě odradila od jejich použití.

Koncepce linkového kódu pro použité moduly HM využívá klasického UART rozhraní, avšak ne na vodiči ale bezdrátově. To si vyžaduje dodatečné úpravy software pro odvysílání i příjem znaku viz kapitola 6. Řešení pro tuto aplikaci je to však nejelegantnější, protože stačí jednosměrně komunikovat a to pouze jednoduchými povely, vyjádřenými jedním bytem (znakem).

3.2 Návrh dálkového ovladače

Na straně vysílacího modulu HM-T868 jsem se rozhodl použít MCU ATmega8A. Programován je opět pomocí SPI. Má dostatek pinů pro tlačítka ovládající rotátor.

Je nutno zajistit na dálku tyto povely: otočení doprava, otočení doleva, naklopení nahoru, naklopení dolů, povel play/stop zvuk zvířete a automatický mód (nevyžaduje pozornost obsluhy, provádí se obslužná rutina na straně přijímače). Napájení vysílače je bateriové (AAA) a sice 2 x 1,5 V. Funkce ovladače je následující: MCU v hlavní smyčce programu sleduje zda jsou tisknuta tlačítka, pakliže ano je vyslán povel ve formě UART rámce. Konkrétnímu povelu předchází navíc trénigová sekvence pěti stejných znaků. Je to z důvodu neustálého generování náhodných stavů na straně přijímače pokud se zrovna nevysílá. Na tuto sekvenci je možné se zasnchronizovat a pak očekávat známý povel. V manuálním módu jsou přijímány znaky např. 'r' (toč se doprava) jeden za druhým dokud je tisknuto příslušné tlačítko. Jestliže se zmáčkne tlačítko s aretací je to signál k přepnutí do automatického módu, jenž trvá dokud není opět tlačítko stisknuto a uvolněno.



Obrázek 3.2: Schéma ovladače rotátoru



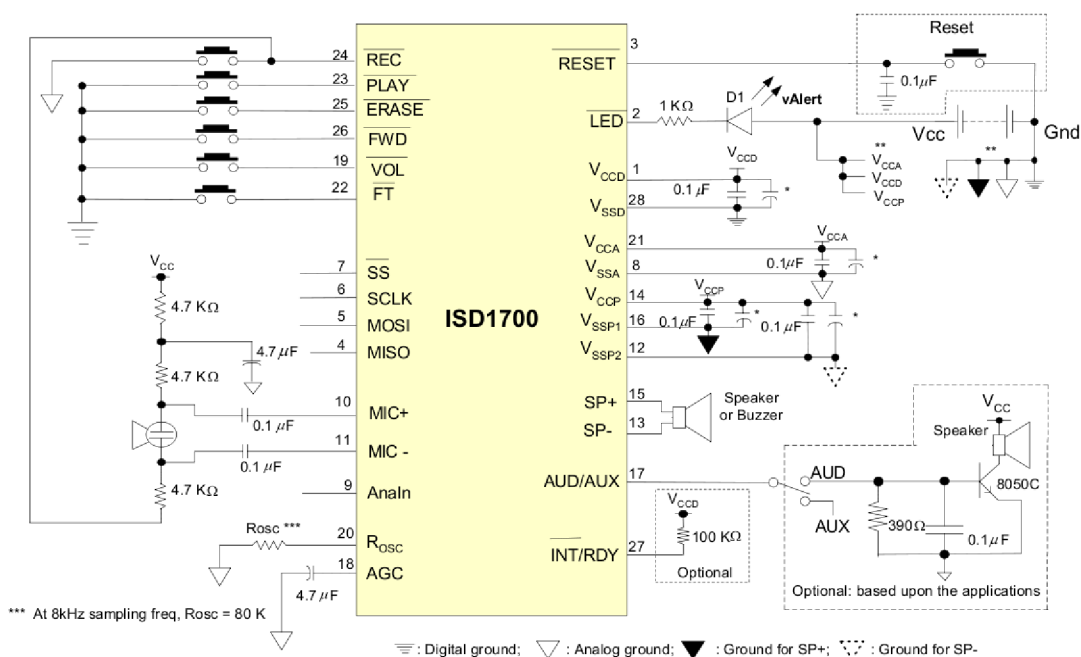
Obrázek 3.3: Vyrobený ovladač

4 REPRODUKCE ZVUKU

Přehrávání zvuku v elektronické aplikaci bez PC z co nejmenšího přepisovatelného média lze v dnešní době zajistit několika způsoby. Zásadní je použití polovodičových pamětí, které nabízí výrazné zmenšení rozměrů zařízení oproti pamětem založeným na bázi točivých mechanických či optických komponent.

4.1 Obvody pro reprodukci zvuku

IO ISD1730PY[7]. Dokáže zaznamenat 20 s zvukového mono záznamu o f_{vz} 12 kHz. Na jeho nahrávací vstup se přivede zvukový signál v analogové podobě a obvod jej sám navzorkuje, nakvantuje, zakóduje a uloží do své paměti. Z té je pak kdykoliv vyčten a přehrán. Nicméně audio kvalita při vzorkování 12 kHz je vcelku nízká, obvod se tudíž hodí spíše pro záznam mluveného slova.



Obrázek 4.1: Ukázkové zapojení přehrávání zvuku s IO ISD1730PY

Vhodnější a také mnou vybrané řešení je však využít mikroprocesor ve spojení s paměťovou kartou SD.

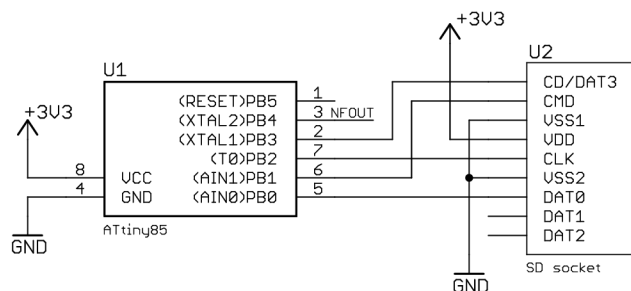
4.2 Audio přehrávač s SD kartou

Velmi jednoduchým a kvalitním řešením přehrávání zvuku je jeho vyčítání z SD karty a dekódování za pomoci MCU. Dnes jsou již finančně dostupné jak mikrokontrolery tak především paměťová média, jejichž cena spadla za poslední roky několikanásobně. Na trhu je nejrozšířenější technologie SD. Karty SD dnes vyrábí velké množství výrobců (San Disk, Kingstone, SONY, ...), jejich velikosti jsou běžně i desítky GB. Rychlost čtení z karty není kritickým parametrem pro přehrávání zvuku a proto lze použít i starší kartu.

MCU je třeba volit s ohledem na velikost jeho Flash paměti a SRAM a nezbytností je též SPI rozhraní. Jedině přes něj lze totiž komunikovat s mikrokontrolérem zabudovaným v kartě a obsluhujícím její paměťový prostor.

Z hlediska software je princip reprodukce následující. Na SD kartě jsou uloženy vzorky v klasickém PCM formátu (.wav soubory). To znamená, že každý vzorek má 8 bitů, které určují momentální velikost napětí audio signálu. Frekvence vzorkování může být až 48 kHz. Není tedy problém tímto způsobem obsáhnout celé audio spektrum narozdíl od řešení s ISD1730PY na obr. 4.1. Jestliže bychom chtěli přehrávat soubory kódované jako MPEG-2 Audio Layer 3 (mp3) je nutno použít další IO pro hardwareové dekódování. Ten je dostupný, nicméně poměrně drahý. Jeho použití však není nezbytné, protože není třeba přehrávat velmi dlouhé záznamy a šetřit paměť. Můžeme si tedy dovolit použít standardní PCM.

Jako MCU je zvolen ATtiny85. Jeho napájecí napětí je od 2,7 do 5,5 V. SD karta nicméně potřebuje 3,3 V, proto je zvoleno i pro ATtiny.



Obrázek 4.2: Generování NF signálu z SD karty pomocí MCU

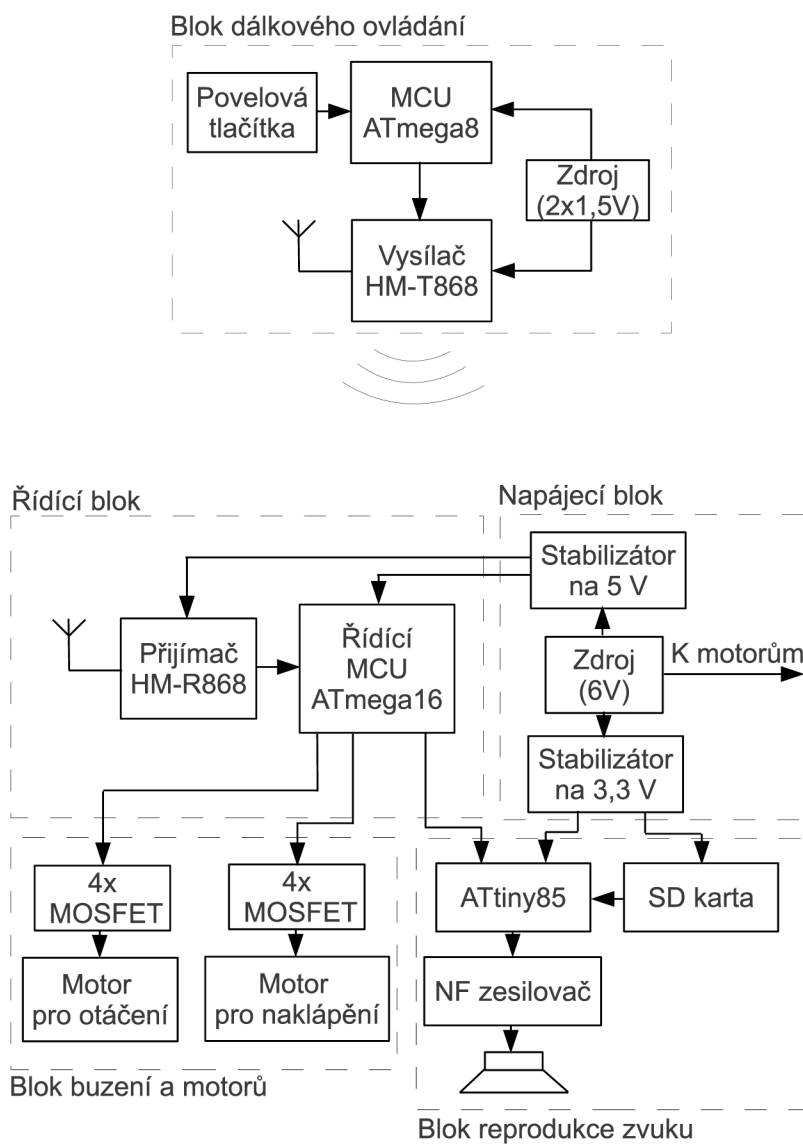
ATtiny85 Má pouze 8 vývodů, avšak to je dostačující, neboť samotný D/A převod umožní jeden výst. pin a komunikaci s SD kartou zajišťuje SPI (4 piny). SD karta totiž není jen paměť jako taková, ale obsahuje plnohodnotný mikrokontrolér, který řídí přístup k datům. Na kartě jsou data uložena v souborovém systému FAT.

Pro práci s ním jsou použity volně dostupné knihovny. Ty se i s celým kódem pro přehrávání zvuku pomocí ATtiny85 nachází na [8].

ATtiny85 používá rychlý PWM výstup, pomocí něhož se řeší dekodování vzorků audio signálu do analogové podoby. Šířka pulzu PWM určuje momentální velikost signálu, přičemž rychlost PWM je mnohonásobně vyšší než je vzorkovací kmitočet audio signálu. Výstupní spektrum je proto nutno vyfiltrovat dolní propustí (vybere jen audio pásmo) předtím než se nechá zesílit v zesilovači. Ten je realizován pomocí IO LM386 se zesílením 20x a 3 W reproduktorem.

5 CELKOVÁ KONSTRUKCE ROTÁTORU

V předchozích kapitolách byly popsány jednotlivé součásti uvažované pro konstrukci rotátoru. Jejich složením získáme celkové blokové schéma vyvíjeného zařízení.



Obrázek 5.1: Blokové schéma celého rotátoru

5.1 Elektrická část

Napájení zařízení je řešeno pomocí Pb akumulátoru 6 V, 5 Ah. Ten má dostatečně malý vnitřní odpor pro bezproblémový chod motorů. Za vypínačem a pojistkou 6,3 A je umístěn stabilizátor na 5 V, který zajistí stejné úrovně napětí pro MCU a přijímač, aby byla komunikace korektní. Navíc napětí pro přijímač musí být sraženo na 5 V což je maximum dané výrobcem. Za tímto stabilizátorem je další na 3,3 V. Jeho význam je popsán v kapitole 4.2.

Mimo již popsané bloky má zařízení také dva mechanické koncové mikrospínače, vyvedené vně zakrytovaní. Ty jsou určeny pro detekci krajní polohy rotátoru v horizontální rovině. Zamezí tak přetáčení a možnému poškození kabeláže vedoucí k naklápěcímu motoru. Indikace stavu akumulátoru je provedena červenou LED pod vypínačem. Klesne-li napětí baterie pod hodnotu 6 V je toto na AD převodníku vyhodnoceno a obsluha je upozorněna rozsvícením LED. Akumulátor je potřeba neprodleně dobít, jinak se dalším použitím snižuje jeho životnost a výkon motorů. Navíc s postupným vybíjením roste vnitřní odpor baterie a její napětí při zatížení klesá až k 5 V. To způsobuje nestabilitu celého zařízení a zamrznutí Rx modulu, čímž dojde ke ztrátě kontroly nad zařízením.

Elektrické parametry:

- Napájecí napětí rotátoru: 6 - 7 V; ovladače: 2,8 - 5 V.
- Klidový proudový odběr rotátoru: 36 mA.
- Maximální proudový odběr rotátoru: 6,2 A.
- Odkoušený dosah dálkového ovládání: až 200 m (vysílač i přijímač ve výšce 1,5 m nad zemí).

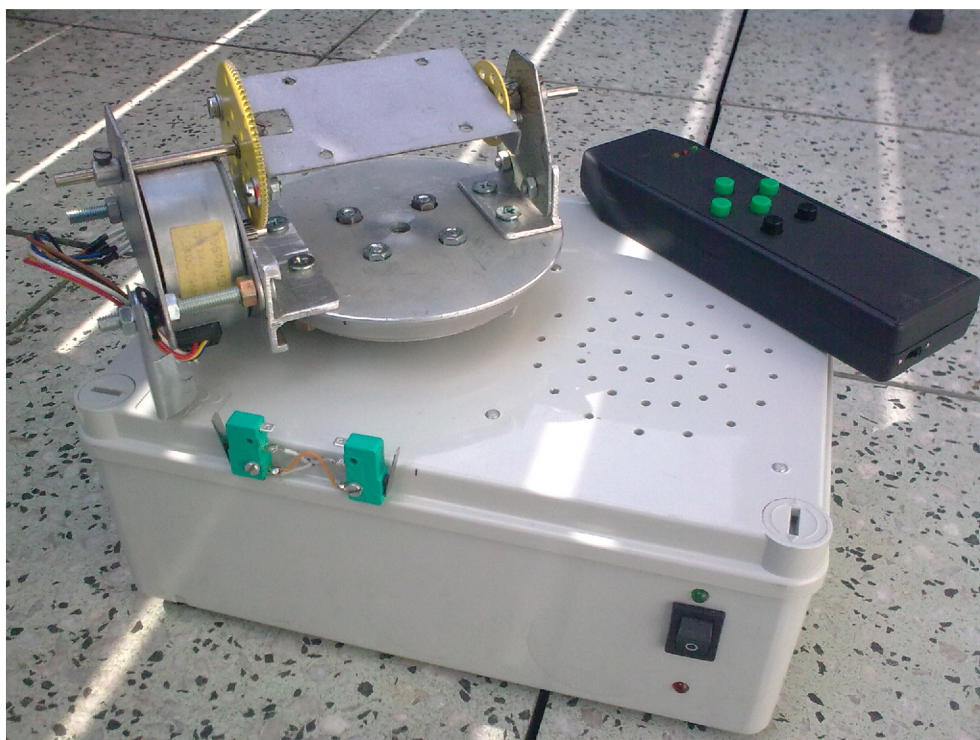
5.2 Mechanická část

Poměrně hodně času zabrala mimo vývoj elektroniky mechanická část. Zde bylo třeba řešit vhodné přenesení točivého momentu obou KM. Větší KM na němž konstrukce stojí je bez převodu a přímo otáčí se zátěží. Zátěž je umístěna na plošce, která je naklápěna. K tomu slouží menší motor, s převodem rychlosti asi 10:1. Je umístěn na kruhové základně spolu s hřídelí. Základna je přišroubována k přírubě viz 1.3. Možných variant jak celou konstrukci vymyslet je nespočet. Ve svých omezených podmínkách co do materiálu i zkušeností jsem se uchýlil k variantě plastové ABS krabice, která ukrývá elektroniku, reproduktor, akumulátor a spodní motor. Z krabice vystupuje jen ozubení motoru. Vrchní část je tvořena několika kusy materiálu. Ten jsem buď nechal vyrobit na soustruhu nebo utvořil doma dle momentální

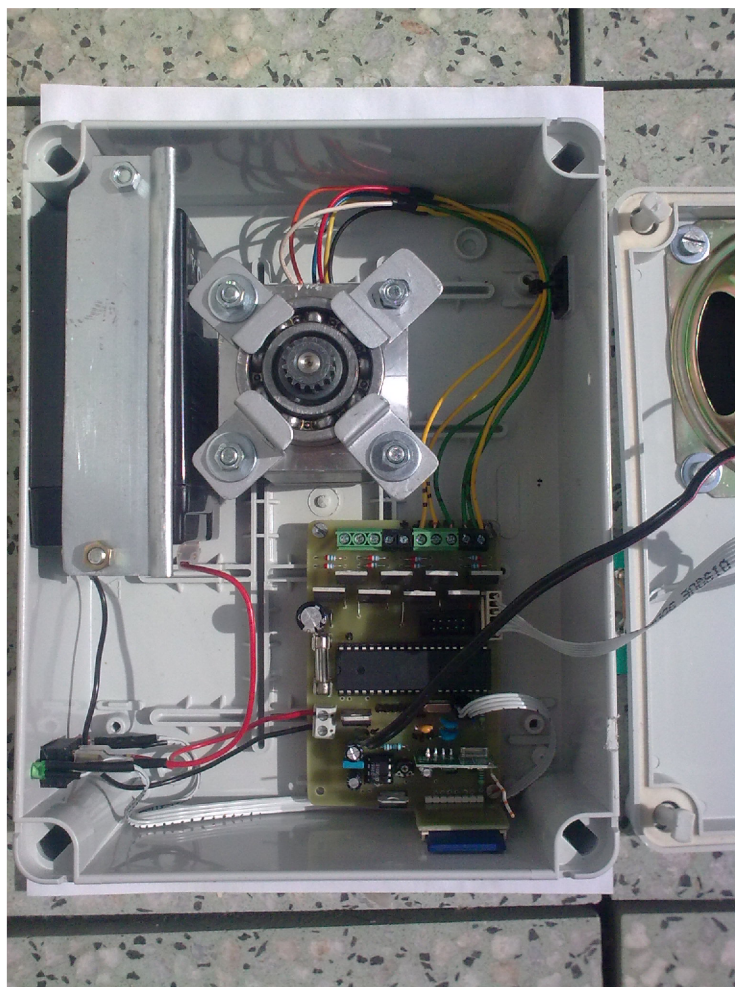
představy. Kolečka pro převod momentu hřídele i hřídel samotná jsou díly stavebnice Merkur. Pro použití v terénu je zajištěna dostatečná mechanická pevnost a především odolnost proti vniku cizích částic větších jak 3 mm. Bohužel spodní část je jen částečně vodotěsná (dírký pro reproduktor) a vrchní není vodotěsná vůbec. U zařízení však není předpoklad používání v dešti.

Fyzické parametry:

- Hmotnost: 3,4 kg
- Výška: 17 cm Šířka: 23 cm Hloubka: 17 cm
- Rozsah otáčení: 0 - 330°.
- Minimální krok pootočení a naklopení: 7,5°
- Rozsah naklopení vůči horizontální rovině: $\pm 90^\circ$ (v závislosti na hmotnosti zátěže)
- Otestovaná nosnost pro otáčení i naklápění($\pm 20^\circ$): 400 g.
- Otestovaná nosnost pouze pro otáčení: 1500 g.



Obrázek 5.2: Hotový výrobek - celkový náhled

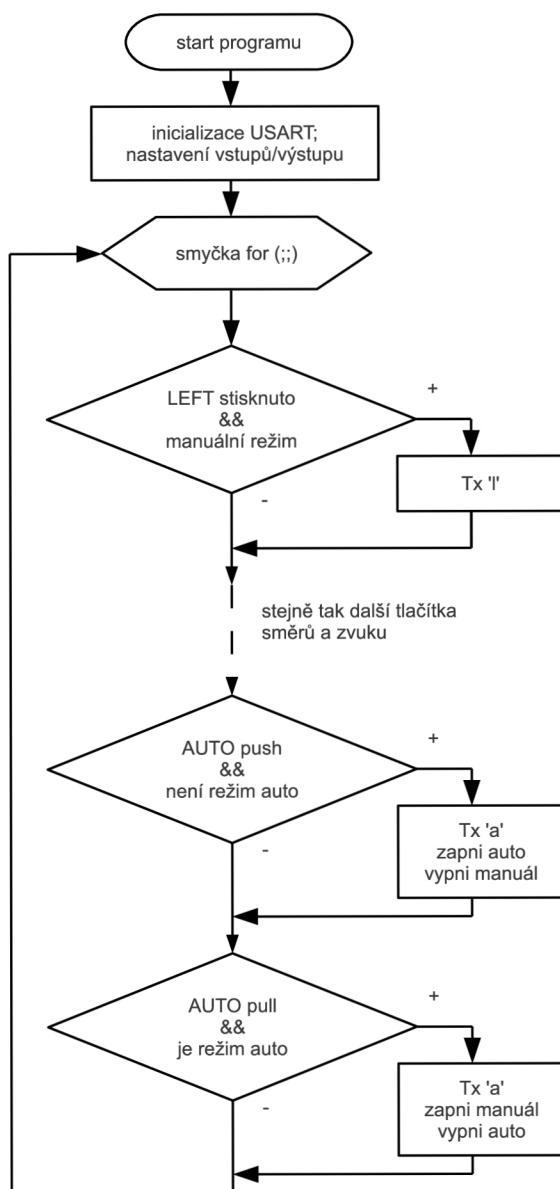


Obrázek 5.3: Uspořádání prvků uvnitř rotátoru

6 FIRMWARE

Na straně ovladače je MCU určeno pro vyhodnocení povelů od tlačítek a jejich správné odvysílání USART jednotkou. Řídící MCU tyto povely dostává tunelem od Rx modulu a zpracovává je.

6.1 Ovladač

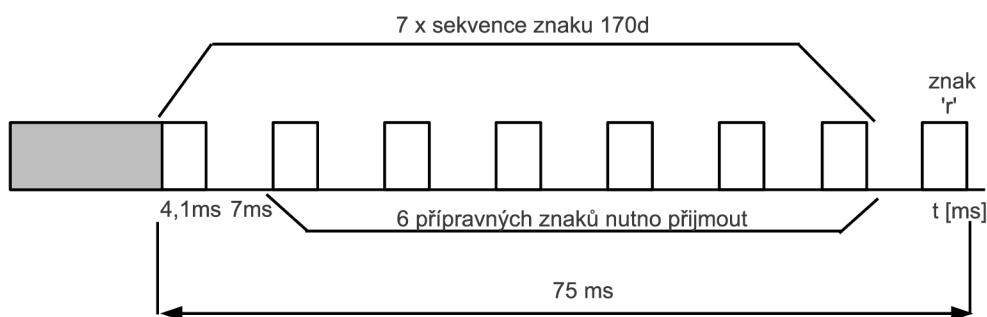


Obrázek 6.1: Vývojový diagram programu pro ATmega8 v ovladači.

Chování ovladače je triviální a patrné z vývojového diagramu. V hlavní smyčce se testují tlačítka na stisknutí a následně se případně odvysílají data.

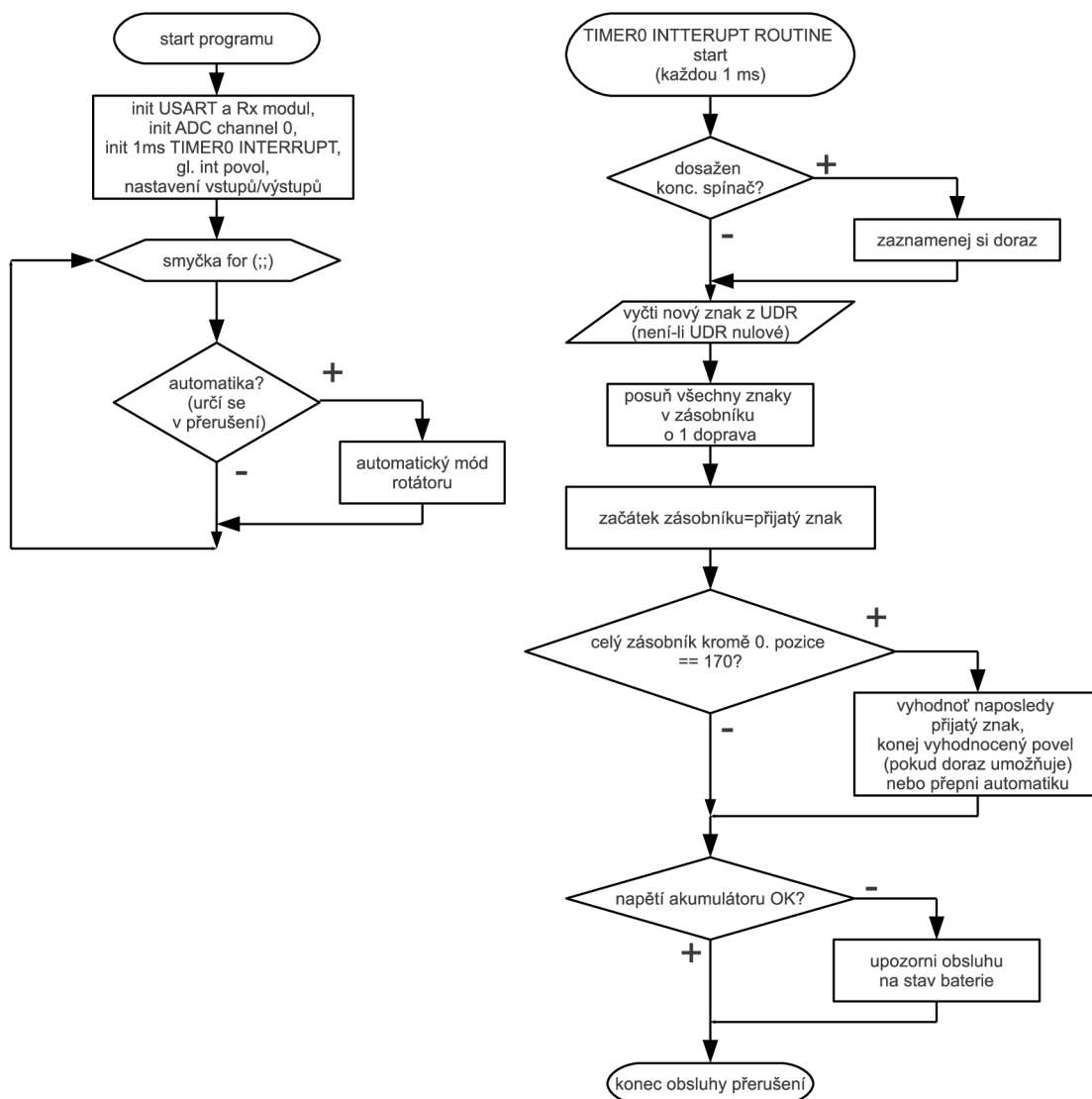
Rychlost UART komunikace je 2400Bd/s což je 1/4 maximální udávané komunikační rychlosti modulů. Tímto by mělo být zajištěno minimum chybovosti v rámci datového tunelu mezi Tx a Rx. Vyšší rychlost nebyla testována, její pozitivum by byla rychlejší reakce motorů při kontinuálním posílání příkazu pro jeden směr. Nespojitost pohybu v daném konstantním směru je však nepatrná.

Odvysílaný respektive přijímaný rámec příkazu např. 'r' vypadá následovně (vlevo první vyslaný znak = čas 0, před ním nahodilé stavy výstupu Rx):



Obrázek 6.2: Přijatý rámec od ovladače.

6.2 Hlavní jednotka



Obrázek 6.3: Vývojový diagram řídicího MCU ATmega16.

Na přijímači USART jednotky ATmega16 se od Rx modulu neustále detekují náhodné stavy H nebo L s velkou rychlostí. Je to nepříjemná vlastnost Rx modulu, jenž právě nemá kontakt s vysílačem (nepřijal nic déle než 70 ms). USART si tedy myslí, že se jedná stále o začátek nějakého nového rámce. To však není pravda a jestliže bychom poslali osamocený znak do tohoto prostředí USART se na něj v žádném případě nezasynchronizuje. Řízení rotátoru je založeno na kontrole přijímaných dat v přerušení od časovače. Zde se také hlídají stavy koncových spínačů. Je definován zásobník na 7 bytů. Byty z UDR registru do něj jsou z jedné strany nasouvány a z druhé zahazovány. Jakmile je v UDR registru zaznamenán nový byte jde na začátek

zásobníku, který se ještě před tím přeskupí. Nyní se vyhodnotí zda 6 bytů před ním bylo součástí trénigové sekvence. Ta sice má bytů 7 ale první z nich se nemusí řádně přijmout, jelikož ještě není USART zasynchronizován. Znak tr. sekvence má opakující se úrovně H a L což odpovídá znaku 170. Po něm vždy následuje stav bez vysílání dlouhý 7 ms. Tato doba je delší než doba znaku a USART se právě nyní může synchronizovat a čekat na sestupnou hranu start bitu, který již nebude falešný, daný nahodilostí výstupu Rx. Zásobníkem v podstatě protékají příchozí data a čeká se na shodu po sobě jdoucích bytů za nimiž následuje povel. Kdyby byl zásobník kratší, objevila by se v něm čas od času náhodně také sekvence stejných bytů, po nichž by se vyhodnotil nesmyslný povel(vyzkoušeno). Bohužel musím konstatovat, že cca jednou za 10 minut se toto stane i s 6 bytovým zásobníkem. Ve velmi háklivé aplikaci by bylo toto potřeba zcela vyloučit jiným způsobem detekce povelu nebo jinými bezdrátovými moduly.

Dle výsledku přijatého povelu se buď začne otáčet některým z motorů nebo se zapne/vypne automatický mód či zvuk. Zvuk je samostatně generován v MCU ATtiny85. To znamená, že řídicí MCU tranzistorem spíná a vypíná napájení pro celý blok přehrávání (vyjma zesilovače).

Stav baterie se vyhodnocuje každých 5 s pomocí AD převodníku. Ten používá interní referenci vzhledem k nepřítomnosti v čase stálého napětí. Signál z baterky je vyhodnocen za děličem napětí cca 1/4, protože nelze přímo porovnávat napětí 6 V baterie s menší referencí.

7 ZÁVĚR

Zařízení bylo navrženo a zkonstruováno. Jako stoprocentně funkční můžu uvést ovládání pomocí bezdrátových modulů a přehrávání zvuku rotovaného zvířete z SD karty. Téměř stoprocentní je také hlavní mechanická funkce a to otáčení a naklápění. Zde je určitý limit daný hmotností zátěže, jež nesmí překračovat 400 g chceme-li jí i naklápět. Je to způsobeno slabším motorkem, který navíc ve stavu bez buzení vykazuje velmi malý odpor hřídele proti proklouznutí. Spodní motor je dimenzován velmi dobře a je schopen otočit i dvěma kilogramy.

Při vývoji jsem počítal s nasazením modulů RFM01(02) od Hope Microelectronics. Ty jsem se velmi dlouho pokoušel zprovoznit, ale nakonec zvítězilo snazší řešení, v podobě modulů (typu datový tunel) řady HM stejné firmy. Avšak vyskytly se hned dvě nepříjemnosti na přijímací straně. První nutnost řešit nahodilé stavy výstupu Rx v době kdy se nevysílá, což bez programového ošetření znemožňuje detekci začátku rámce jednotce UART řídicího MCU. To se podařilo odstranit tréninkovou sekvencí stejných znaků, jež uvozuje každý povelový znak. Další problém byl s prudkými proudovými špičkami v době otevírání velkého KM. Ty způsobovaly velmi silné rušení pronikající až do přijímače. Tam způsobilo jeho zamrznutí a nemožnost dalšího ovládání rotátoru. Řešením byl dostatečně velký kondenzátor mezi větví +6V jdoucí k vinutím motorů a zemí, jenž svedl rychlé rušivé impulsy na zem. K zamrznutí Rx modulu dojde také při vyčerpání akumulátoru, kdy už je velký úbytek na jeho vnitřním odporu.

Práce byla pro mě velkým přínosem a místy krokem do neznáma. Procvičil jsem se v programování mikrokontrolérů a porozuměl krokovým a jiným motorům. Často bylo potřeba navrhovat přesný layout desky, například aby se vešla i do zúženého členitého prostoru ovladače.

Věřím, že ve spojení se zkušenými strojaři či mechatroniky se dá dosáhnout i lepšího výsledku, nicméně s prací jsem spokojen.

REFERENCE

- [1] Fairchild. *Datasheet BUZ11 : 30A, 50V, 0.040 Ohm, N-Channel Power MOSFET* [online]. [s.l.] : [s.n.], červen 1999 [cit. 2010-12-08]. Dostupné z WWW: < <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/BUZ11.pdf>>.
- [2] NOVÁK, Petr. *Mobilní roboty : pohony, senzory, řízení*. 1. vydání. Praha : BEN - technická literatura, 2005. 247s. ISBN 80-7300-141-1.
- [3] Atmel Corporation. *Datasheet ATmega16 : 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2010 [cit. 2010-11-20]. Dostupné z WWW: < http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8154.pdf>.
- [4] POVALAČ, Aleš. *AVR ISP programátor BiProg : UREL verze* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2010 [cit. 2010-11-15]. Dostupné z WWW: < http://www.urel.feec.vutbr.cz/web_documents/dilna/BiProg/biprogram_urel.pdf>.
- [5] HANUS, Stanislav. *Bezdrátové a mobilní komunikace* Brno : Ústav radioelektroniky FEKT VUT, 2002.
- [6] HOPE MICROELECTRONICS. *HOPE RF : ISM BAND FSK TRANSMITTER MODULE RFM02* [online]. Shenzhen, China : [s.n.], 2006 [cit. 2010-04-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.hoperf.com> >.
- [7] Winbond Electronics. *ISD1700 Series : Multi-Message Single-Chip Voice Record & Playback Devices* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2005, January 23, 2007 Revision 1.3-S2 [cit. 2010-12-26]. Dostupné z WWW: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/211084/WINBOND/ISD1730PY.html>
- [8] ChaN. *8-pin SD audio player R0.05b* [online]. [s.n.], 2010 [cit. 2010-05-16]. Dostupné z WWW: < <http://elm-chan.org/works/sd8p/report.html>>.
- [9] Wikipedia. [online]. [s.n.], 2010 [cit. 2010-12-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.wikipedia.org/>>.

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

SRAM Static Random Access Memory - statická paměť s libovolným přístupem

MCU microcontroller unit

SPI Serial Peripheral Interface - sériové periferní rozhraní

IO integrovaný obvod

PWM Pulse Width Modulation - pulsně šířková modulace

IrDa Infrared Data Association - konsorcium pro přenos dat infračerveným světlem

FSK Frequency-shift keying - klíčování změnou frekvence

ISM Industrial, Scientific and Medical - volné rádiové pásmo pro průmyslové, vědecké a lékařské účely

USB Universal Serial Bus - univerzální sériová sběrnice

ISP In-System Programming - programování v aplikaci

JTAG Joint Test Action Group - rozhraní pro programování paměti mikrokontroléru, ladění programů

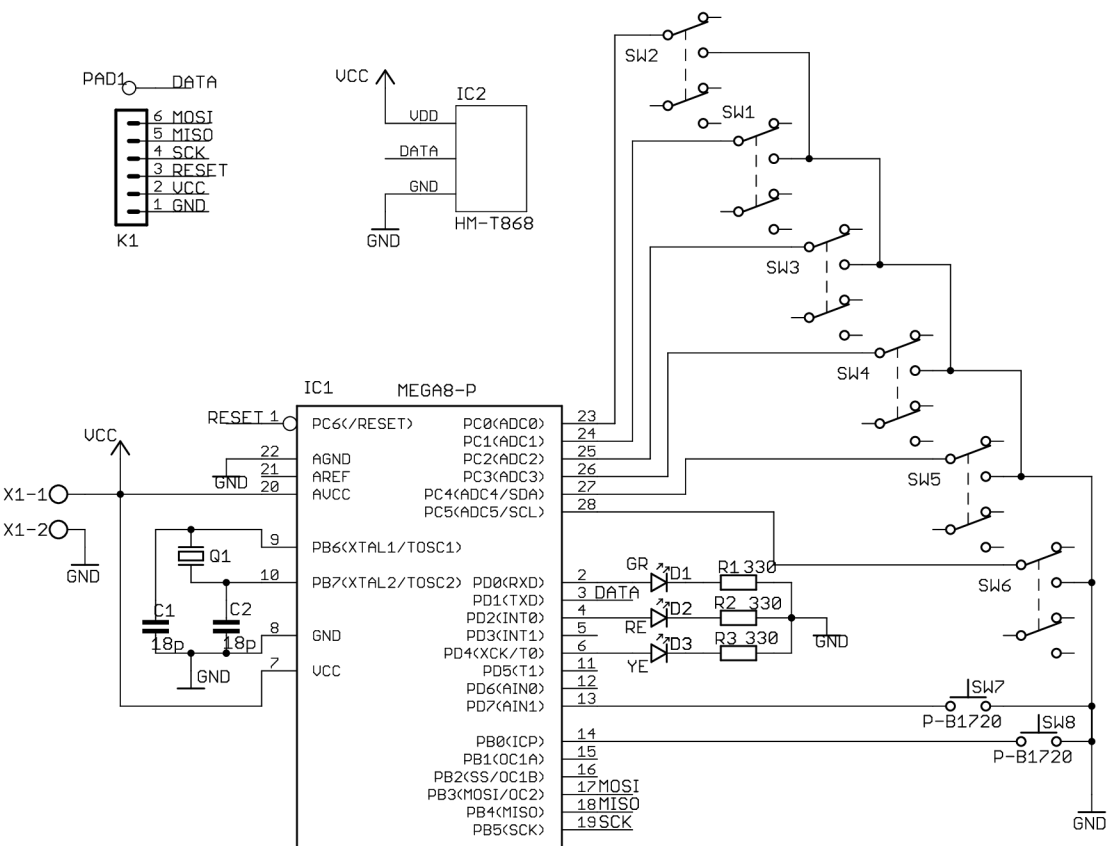
SD Secure Digital - typ paměťových karet

SEZNAM PŘÍLOH

A Schémata a DPS	38
A.1 Schémata	38
A.2 Osazovací plány DPS	41
A.3 Předlohy pro výrobu DPS	42
B Výpis součástek	44
C Fotodokumentace	46
D Manuál	48

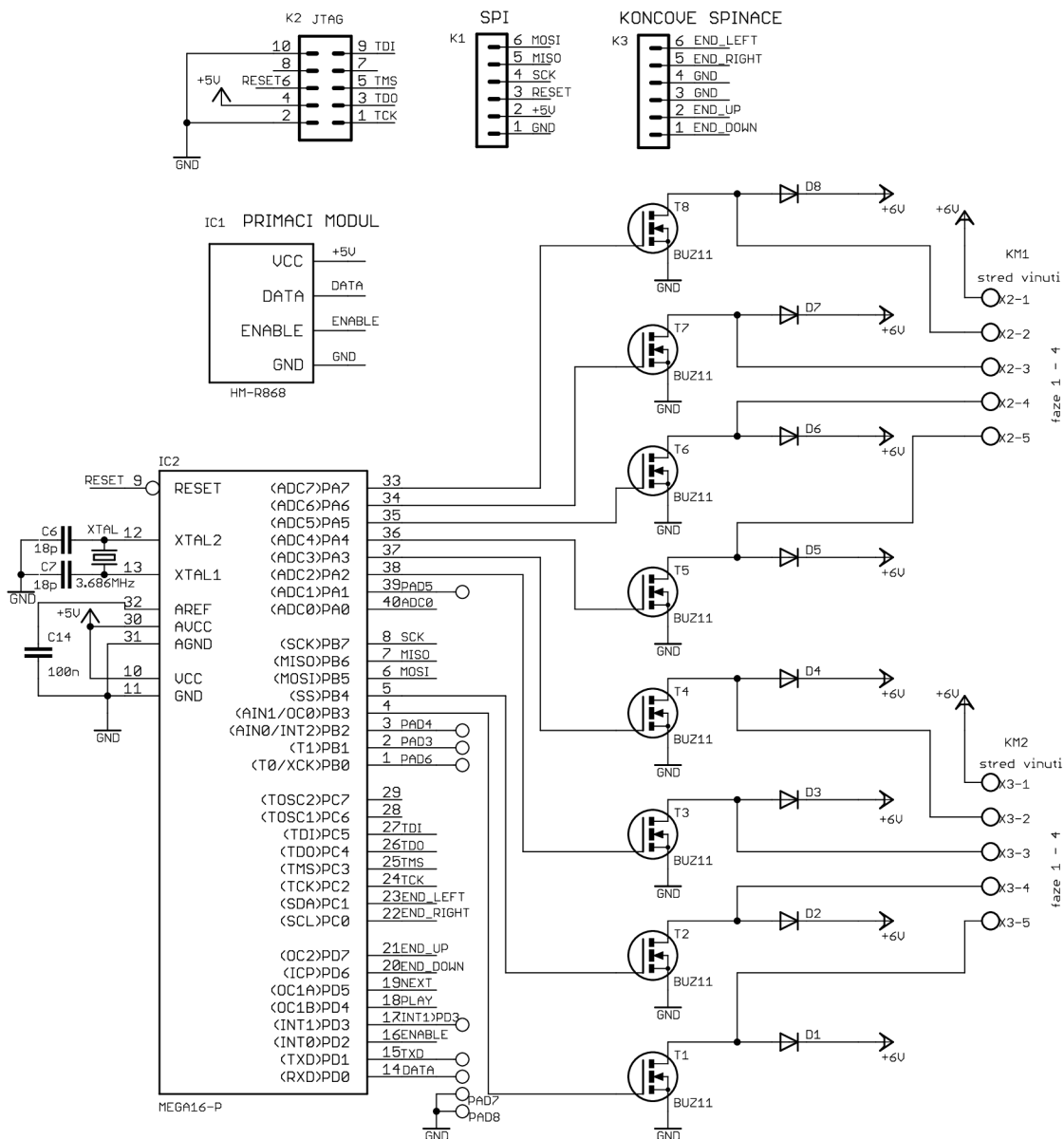
A SCHEMATA A DPS

A.1 Schémata



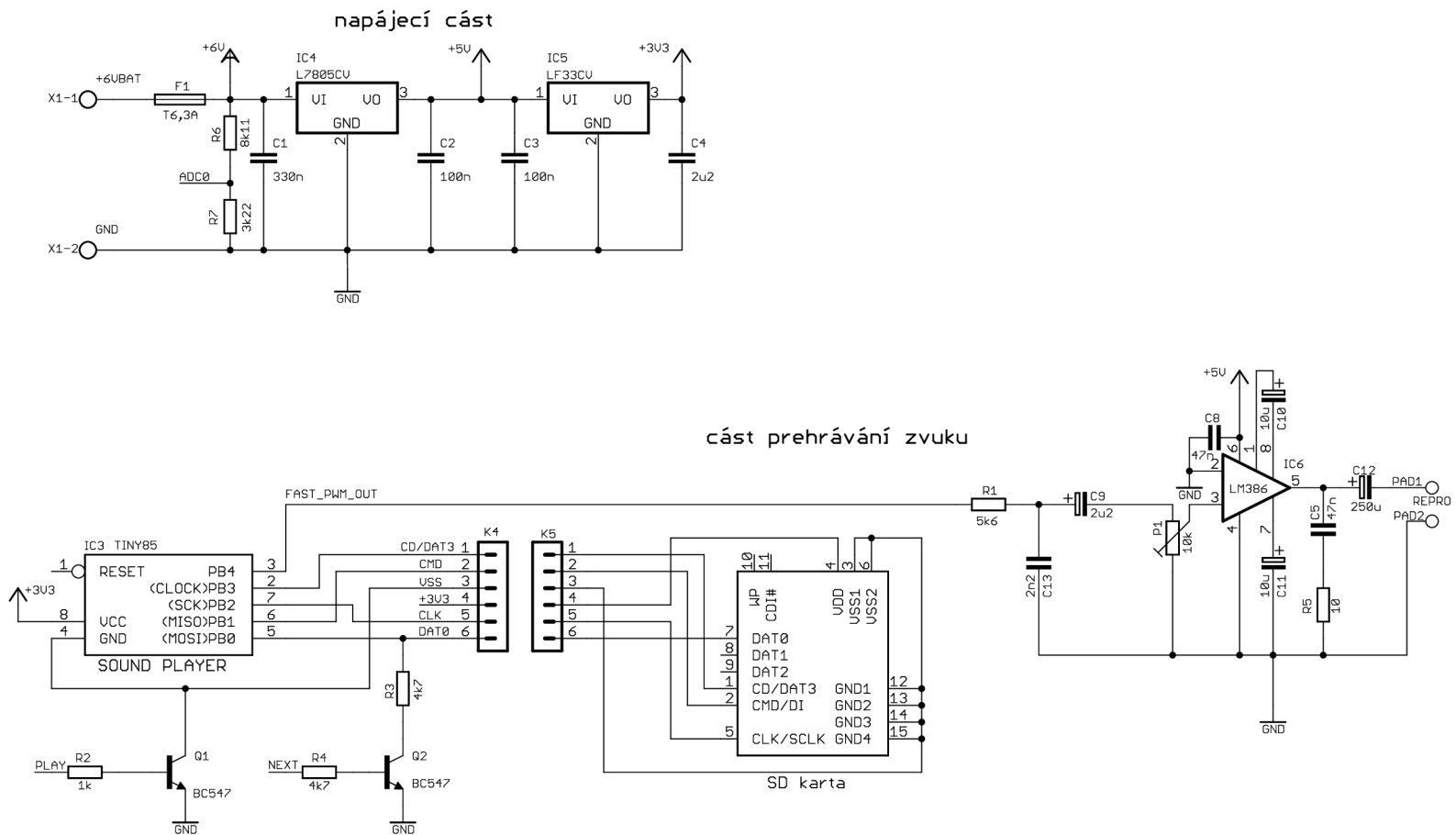
Obrázek A.1: Schéma vysílací části dálkového ovládání.

řidící část

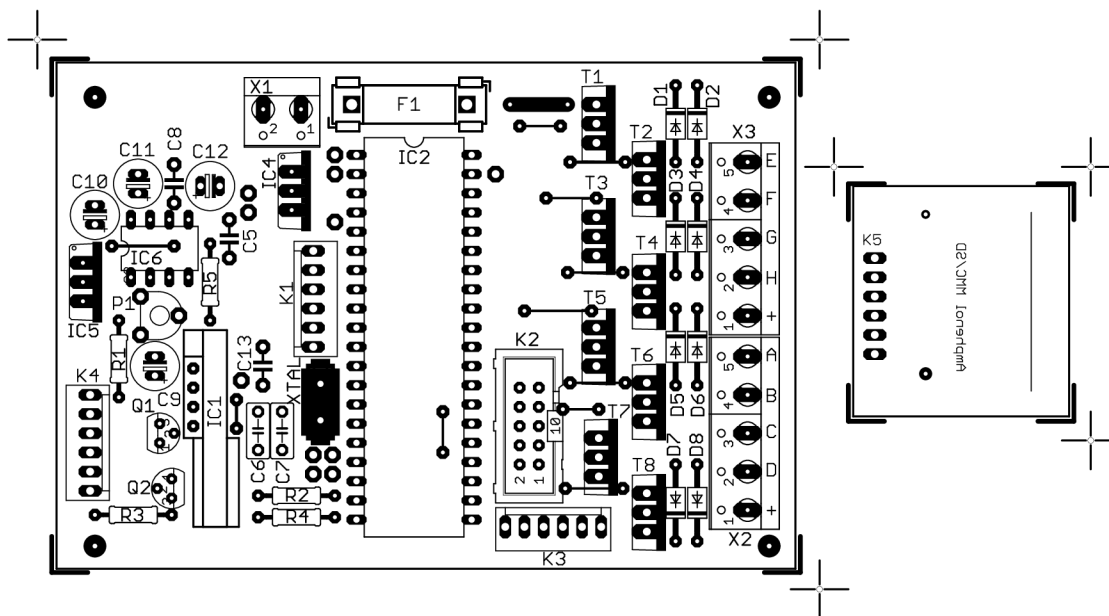


Obrázek A.2: Schéma přijímací a řídicí části rotátoru.

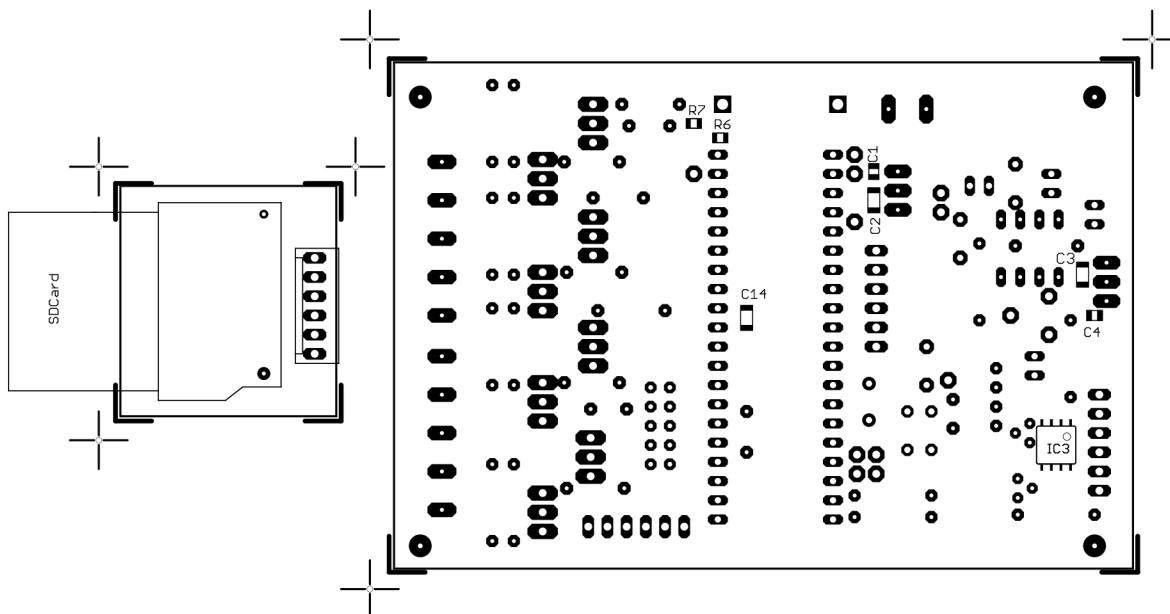
Obrázek A.3: Schéma částí napájení a přehrávání zvuku.



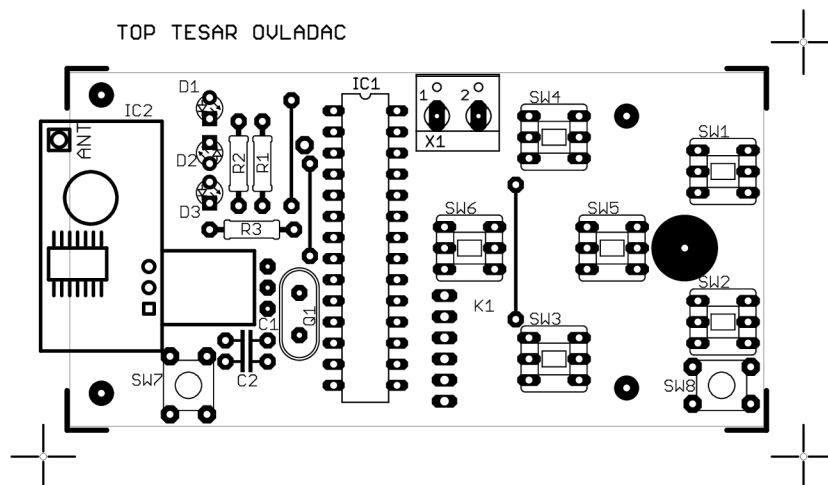
A.2 Osazovací plány DPS



Obrázek A.4: Rozložení součástek strany TOP řídicí desky rotátoru.

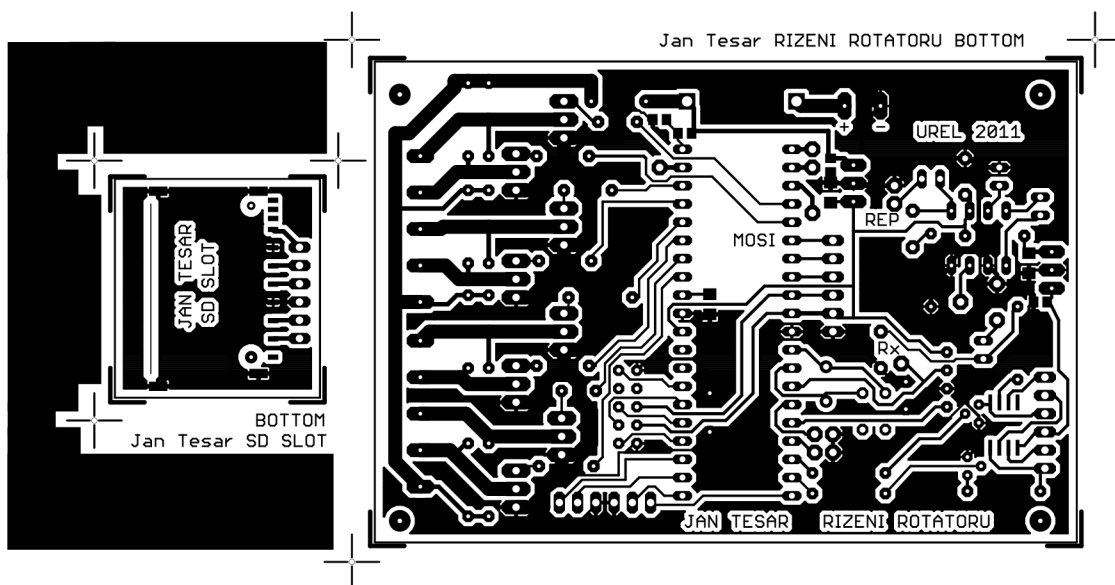


Obrázek A.5: Rozložení součástek strany BOTTOM řídicí desky rotátoru.

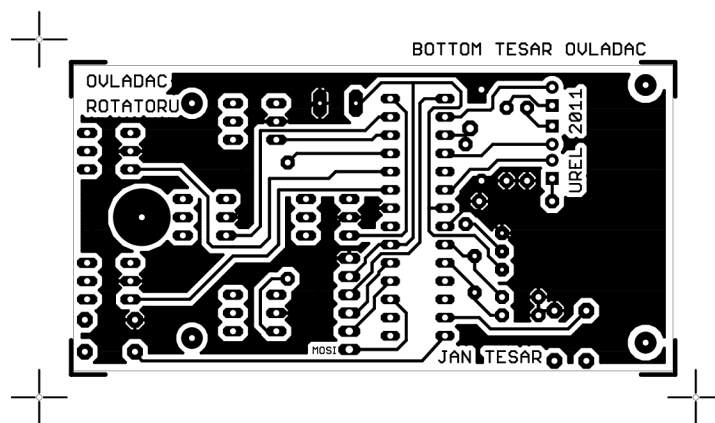


Obrázek A.6: Rozložení součástek ovladače strana TOP.

A.3 Předlohy pro výrobu DPS



Obrázek A.7: DPS pro SD kartu a řízení rotátoru, pohled ze strany BOTTOM.



Obrázek A.8: DPS ovladače, pohled ze strany BOTTOM.

B VÝPIS SOUČÁSTEK

Tabulka B.1: Seznam součástek pro řídicí DPS rotátoru

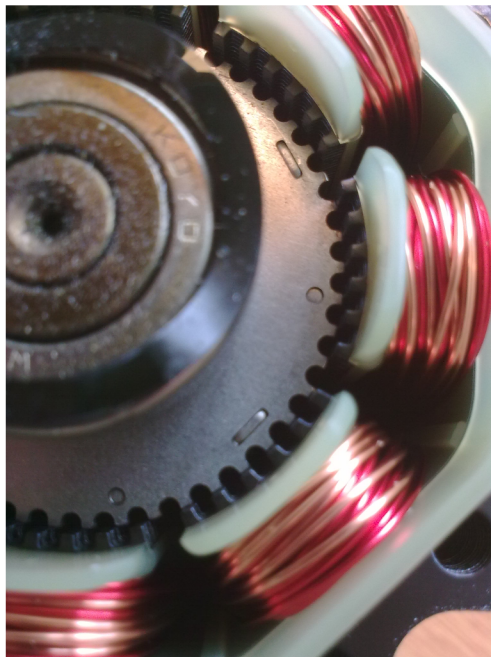
Part	Value	Package
C1	330n	C0805
C2	100n	C1206
C3	100n	C1206
C4	2u2	C0805
C5	47n	C-5
C6	18p	C5B3
C7	18p	C5B3
C8	47n	C-5
C9	2u2	C-EL_2,5
C10	10u	C-EL_2,5
C11	10u	C-EL_2,5
C12	250u	C-EL_2,5
C13	2n2	C-5
C14	100n	C1206
D1-D8	1N4933	DO41-10
F1	FUSEBLANK_5X20MM	FUSE_HOLDER_5X20MM
IC1	HM-R868	HM-R868
IC2	MEGA16-P	DIL40
IC3	TINY85	SOIC8
IC4	L7805CV	TO220V
IC5	LF33CV	TO220V
IC6	LM386	DIL08
K1	PSH02-06P	PaJa_20
K2	JTAG	ML10
K3-K5	PSH02-06P	PaJa_20
P1	10k	PT6V
Q1	BC547	TO92
Q2	BC547	TO92

T1-T8	BUZ11	TO-220V
U\$3	SDCMF-10915W010	sdcard
X1	W237-102	con-wago-500
X2	W237-5P	con-wago-508
X3	W237-5P	con-wago-508
XTAL	3.686MHz	HC49/S

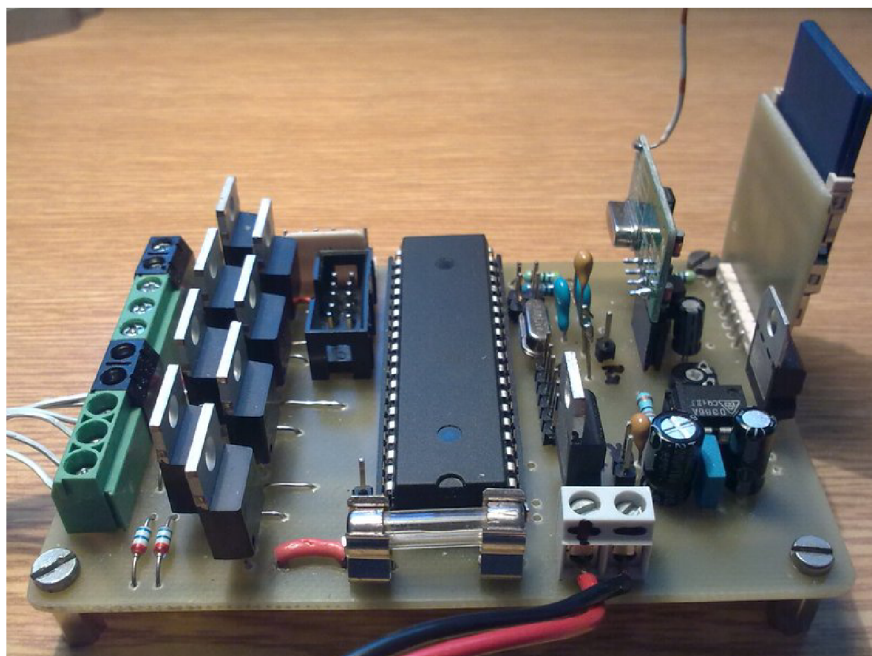
Tabulka B.2: Seznam součástek ovladače

Part	Value	Package
C1	18p	C-5
C2	18p	C-5
D1	LED_GR	LED_3
D2	LED_RED	LED_3
D3	LED_YE	LED_3
IC1	MEGA8-P	DIL28-3
IC2	HM-T868H	HM-T868
K1	PSH02-06P	PaJa_20
Q1	3.6864MHz	HC-49U
R1	330Ohm	R-10
R2	330Ohm	R-10
R3	330Ohm	R-10
SW1-SW6	P-B170	P-B170
SW7	P-B1720	P-B1720
SW8	P-B1720	P-B1720
X1	W237-102	con-wago-500

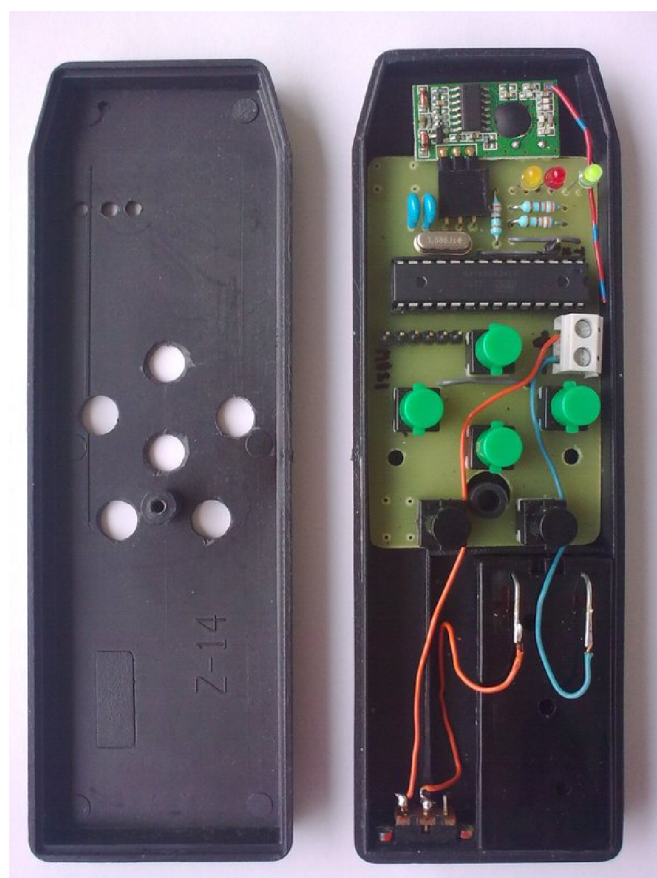
C FOTODOKUMENTACE



Obrázek C.1: Detail KM (pohled zespodu)



Obrázek C.2: Osazená DPS (řízení, Rx modul, přehrávač)



Obrázek C.3: Elektronika ovladače

D MANUÁL



Obrázek D.1: Manuál k ovladači

Samotný rotátor se zapne kolébkovým vypínačem na boku krabice a indikuje zapnutý stav zelenou LED. Je-li napětí baterie nižší než 6,22 V rozsvítí se červená LED a akumulátor je třeba neprodleně dobít před dalším užíváním.

Zařízení lze ovládat ve výchozím stavu manuálně po zapnutí přepínačem na boku ovladače. Indikace zapnutí zelená LED. Zelená tlačítka umožní každým stiskem rotaci/naklopení asi o 7° nebo jejich podržením kontinuální posouvání. Rozsah otáčení je omezen mechanickými koncovými spínači, které znemožní další natáčení v daném směru jsou-li sepnuty.

Stiskem pravého černého tlačítka se začne přehrávat zvuk a to tak dlouho dokud není opět toto tlačítko stisknuto.

Stiskem levého černého tlačítka s aretací se zapne přednastavené automatické otáčení (180°), naklápění (+-20°) a přehrávání s intervalem 30 s. Tento režim indikuje trvale svítící žlutá LED. Opětovným stiskem (uvolněním aretace) se LED vypne a vyšle se signál povolující opět manuální mód. Je ale třeba vyčkat doběhnutí jednoho cyklu automatického módu. V auto režimu lze ovladač vypnout a šetřit energii jeho baterií a po čase zapnout a stisknout tlačítko pro návrat do manuálního režimu. Červená LED svitem indikuje vysílání (např drží-li obsluha stisklé tlačítko LEFT).